

Université de Sherbrooke

**Comparer les forces appliquées sur les vertèbres lombaires lors des mobilisations
postéro-antérieures (PA's) chez les étudiants ayant reçu ou non une rétroaction
kinesthésique par un enseignant**

Par
Annie Chenard
Programmes Recherche en sciences de la santé

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)
en sciences de la santé

Sherbrooke, Québec, Canada
Juin 2019

Membres du jury d'évaluation
Professeure Nathaly Gaudreault, pht, Ph.D et Professeure agrégée
Professeur Jean-Pierre Dumas, pht, Ph.D, Professeur agrégé, Codirecteur et responsable
pédagogique du programme de physiothérapie
Professeur Michel Tousignant, Vice-doyen à la réadaptation, Directeur de l'École de
réadaptation, évaluateur interne
Professeur Rubens Alexandre da Silva Jr, pht, Directeur de la CU_{pht} et Professeur agrégé,
Département des sciences de la santé, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC),
évaluateur externe.

©Annie Chenard, 2019

SOMMAIRE

Comparer les forces appliquées sur les vertèbres lombaires lors des mobilisations postéro-antérieures (PA's) chez les apprenants ayant reçu ou non une rétroaction kinesthésique par un enseignant

Par

Annie Chenard

Programmes Recherche en sciences de la santé

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maître ès sciences (M.Sc.) en sciences de la santé
Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke,
Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

En thérapie manuelle orthopédique, la réalisation d'une technique de mobilisation vertébrale postéro-antérieure (PA's) pour évaluer et traiter des personnes présentant une condition neuromusculosquelettique en physiothérapie nécessite des habiletés motrices pour les réaliser correctement et efficacement. Les forces requises pour l'exécuter varient d'un thérapeute à l'autre, ce qui rend difficile l'enseignement de l'intensité de force à appliquer pour les différents grades de mouvement de Maitland. Selon les études antérieures sur le sujet, l'ajout d'une rétroaction quantitative est efficace, mais qu'en est-il de la rétroaction kinesthésique que l'on emploie principalement dans le domaine chirurgical en médecine ? La présente étude vise à comparer les forces appliquées sur les vertèbres lombaires lors des mobilisations PA's chez les apprenants ayant reçu ou non une rétroaction kinesthésique par un enseignant. Un total de 37 étudiants ont été recrutés et randomisés dans 2 groupes, selon un devis avant/après avec un groupe de contrôle pour une étude expérimentale avec intervention. L'enseignement des PA's dispensé de façon usuelle ou en ajoutant une rétroaction kinesthésique a été comparé, en enregistrant les forces appliquées par les apprenants pour produire un grade 1 et 3, à l'aide d'un capteur de force Flexiforce® et d'une vertèbre instrumentée sur une cellule de force. La comparaison des médianes de force entre les groupes, aux différents temps de l'étude, a été réalisée à l'aide du Mann Whitney. Pour les moyennes de force de chacun des groupes en fonction du temps, le test de Wilcoxon avec correction de Bonferroni a été privilégié. Ces analyses statistiques ne permettent pas de démontrer que l'ajout d'une rétroaction kinesthésique améliore la capacité des apprenants à appliquer des forces dont l'intensité est en adéquation avec les grades du diagramme de mouvement de Maitland. Toutefois, la rétroaction kinesthésique a été très appréciée des participants du groupe d'intervention et leur moyenne de satisfaction par rapport à l'enseignement reçu dépasse celle du groupe contrôle ($22,9 \pm 2,4$ et $18,3 \pm 1,7$ $p=0,000$). Des recherches supplémentaires sont donc nécessaires pour définir une méthode d'enseignement efficace des techniques de mobilisation PA's, afin de valider la valeur ajoutée de la rétroaction kinesthésique et de mieux définir l'intensité des forces nécessaires pour effectuer les différents grades de mouvement de Maitland.

Mots clés : Physiothérapie, mobilisation, force, rétroaction, enseignement, éducation, physiothérapeute

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1 : Introduction	1
Chapitre 2 : Recension des écrits.....	4
Section 2.1 : Recherche documentaire	4
Section 2.2 : Cadre conceptuel : Le modèle de Maitland pour la TMO.....	5
Section 2.3 : TMO : aptitudes psychomotrices, apprentissage et rétroaction	8
Section 2.4 : Enseignement de la TMO.....	9
Section 2.5 : Rétroaction kinesthésique	12
Chapitre 3 : Question, objectifs et hypothèses de recherche	15
Section 3.1 : Question de recherche	15
Section 3.2 : Objectifs	15
<i>Section 3.2.1 : Objectif primaire</i>	15
<i>Section 3.2.2 : Objectifs secondaires</i>	15
Section 3.3 : Hypothèses	16
Chapitre 4 : Méthodologie	17
Section 4.1 : Avant-propos.....	17
Section 4.2 : Dispositif de recherche.....	17
Section 4.3 : Population à l'étude.....	18
Section 4.4 : Stratégie d'échantillonnage et de recrutement	18
<i>Section 4.4.1 : Critères d'inclusion</i>	18
<i>Section 4.4.2 : Critère d'exclusion</i>	18
<i>Section 4.4.3 : Échantillonnage non probabiliste intentionnel</i>	19
Section 4.5 : Procédure de collecte de données et déroulement de l'étude.....	19
Section 4.6 : Variables et instruments de mesure.....	21
<i>Section 4.6.1 : Recrutement des modèles</i>	21
<i>Section 4.6.2 : Variable indépendante</i>	22
<i>Section 4.6.2.1 : Enseignement usuel des mobilisation PA's des vertèbres lombaire</i>	22

<i>Section 4.6.2.2 : Enseignement usuel des mobilisations PA's plus</i>	
rétroaction kinesthésique	23
<i>Section 4.6.3 : Variables dépendantes primaire</i>	24
<i>Section 4.6.4 : Instruments de mesure</i>	24
<i>Section 4.6.5 : Variables secondaires</i>	26
Section 4.7 : Taille de l'échantillon	27
Section 4.8 : Tests statistiques.....	28
Section 4.9 : Considérations éthiques	28
Section 4.10 : Biais potentiels	30
Chapitre 5 : Résultats	32
Section 5.1 : Caractéristiques de l'échantillon et des modèles de l'étude.....	32
Section 5.2 : Résultats des 4 collectes de données	33
Section 5.3 : Résultats au questionnaire de satisfaction.....	37
Section 5.4 : Résultats complémentaires	39
Chapitre 6 : Discussion	41
Chapitre 7 : Conclusion	50
Liste des références	51
Annexes	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques des grades de mobilisation de Maitland	7
Tableau 2	Étapes du déroulement de l'étude	17
Tableau 3	Caractéristiques des participants de l'étude	32
Tableau 4	Caractéristiques des modèles de l'étude	33
Tableau 5	Comparaison des forces (médiane et plage interquartile) entre les groupes contrôle et intervention aux différents temps de l'étude, mesurées avec le capteur de force.....	36
Tableau 6	Comparaison des forces (médiane et plage interquartile) entre les groupes contrôle et intervention aux différents temps de l'étude, mesurées avec la vertèbre instrumentée.....	37
Tableau 7	Pourcentage des différentes réponses du questionnaire de satisfaction, selon le groupe	38
Tableau 8	Résultats au questionnaire de satisfaction de l'enseignement reçu par les 2 groupes	38
Tableau 9	Pourcentage de participants appartenant à chacune des catégories d'apprentissage selon le questionnaire VARK	39
Tableau 10	ICC pour le capteur de force par rapport à la vertèbre instrumentée.....	40
Tableau 11	Cicchetti (1994) <i>Guidelines for interpretation for <i>kappa</i> or ICC inter-rater agreement measures</i>	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Diagramme de flux pour la sélection des articles.....	5
Figure 2	Diagramme de mouvement de Maitland	6
Figure 3	Grades de mobilisation de Maitland sur le diagramme de mouvement	7
Figure 4	Rétroaction kinesthésique donnée aux participants du groupe intervention	23
Figure 5	Capteur de force de type Flexiforce© (Tecscan modèle A401)	26
Figure 6	Vertèbre instrumentée montée sur une plateforme de force	26
Figure 7	Moyenne des forces maximales enregistrées par le capteur de force pour le grade 1 pour les 2 groupes à tous les temps de l'étude	34
Figure 8	Moyenne des forces maximales enregistrées par le capteur de force pour le grade 3 pour les 2 groupes à tous les temps de l'étude	34

LISTE DES ABRÉVIATIONS

NMS	Neuromusculosquelettique
TM	Thérapie manuelle
PA's	Pressions postéro-antérieures
SNC	Système nerveux central
EU	Enseignement usuel
EU + R	Enseignement usuel plus rétroaction kinesthésique
ACP	Association Canadienne de Physiothérapie
CAMPT	<i>Canadian Academy of Manipulative Physiotherapy</i>
IFOMPT	<i>International Federation of Orthopaedic Manipulative Therapist</i>
ICC	<i>Intraclass correlation coefficient</i>
CV	Coefficient de variation

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier ma directrice, professeure Nathaly Gaudreault. D'abord pour son expertise, mais aussi pour support, son écoute et ses précieux conseils. Un grand merci pour m'avoir laissé le privilège de donner ma couleur de clinicienne et d'enseignante à ce projet.

Merci à mon codirecteur, professeur Jean-Pierre Dumas, pour son expertise en enseignement, qui m'a permis de pousser ma réflexion et de m'améliorer dans cette discipline qui me passionne.

Merci à Frédérique Daigle et Nicolas Boudreau, pour leur aide précieuse lors de la réalisation de mon projet pilote. Frédérique a également coordonné le recrutement et les collectes de données

Merci à Myriam Émond, pour sa collaboration au projet en tant que modèle pour ma calibration et pour avoir travaillé de façon rigoureuse et exemplaire à la validation de mon outil de mesure. Elle a aussi participé aux collectes de données.

Merci à Antoine Guillerand et Mathieu Hamel, pour le support technique en lien avec le capteur de force et la vertèbre instrumentée. Sans leur précieuse collaboration, ce projet n'aurait pu être réalisé.

Finalement, un grand merci à mes étudiantes et étudiants pour leur temps et leur collaboration. Je les aime d'amour et c'est pour eux que j'ai eu envie de faire ce projet. J'ai l'humble désir de faciliter leurs apprentissages et de faire tout ce que je peux pour leur faire aimer la thérapie manuelle orthopédique et leur donner le goût de s'investir dans cette discipline qui m'est si chère.

Chapitre 1 : Introduction

Le processus d'évaluation est la première étape de la prise en charge par le physiothérapeute d'une personne qui présente une condition neuro-musculo-squelettique (NMS). Lors de l'enseignement de ce processus, tant dans les programmes universitaires qu'en formation postgraduée, l'accent est mis sur l'importance d'un bon dépistage et d'une structure d'évaluation rigoureuse afin de bien cerner la problématique et de choisir les outils d'interventions qui cibleront les déficiences identifiées. Ainsi, la thérapie manuelle (TM) constitue une approche importante de la physiothérapie moderne et elle fait partie intégrante de l'évaluation et de l'intervention physiothérapeutiques. Elle englobe un grand nombre de techniques qui requièrent une bonne dextérité manuelle afin d'optimiser l'évaluation et le traitement des conditions NMS. Parmi ces techniques, il y a les mobilisations accessoires. Ce sont des mouvements rythmiques d'oscillation appliqués sur un des deux os constituant une articulation, pour évaluer la quantité et la qualité du jeu articulaire de celle-ci (Maitland, 2013). Le jeu articulaire est le déplacement en translation de cet os en relation avec l'autre. Ces techniques servent par la suite de modalité d'intervention pour diminuer la douleur ou augmenter la mobilité accessoire de l'articulation atteinte (Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2006). La précision dans l'application de cette technique est donc primordiale dans le processus d'évaluation puisqu'elle guidera par la suite le plan d'intervention (Snodgrass, Rivett, Robertson, & Stojanovski, 2009).

Citons l'exemple de la lombalgie, une pathologie commune au sein de la population. En effet, 57 à 85% de la population a déjà eu un épisode de lombalgie au cours de sa vie (Thiese, Hegmann, Wood, Garg, Moore, Kapellusch, ...& BackWorks Study Team. 2014). La récurrence des épisodes est importante. Donelson, McIntosh & Hall, (2012) rapporte que 54% de la population a eu 10 épisodes ou plus de lombalgie. Les niveaux d'évidence de la littérature pour l'utilisation de la TM pour les maux de dos chronique et pour les douleurs cervicales sont modérés et les résultats sont positifs à court terme (Austin, 2018). Pour évaluer et traiter cette condition, les physiothérapeutes utilisent les mobilisations accessoires postéro-antérieures (PA's) appliquées sur les vertèbres. Ce type de traitement

engendre deux principaux effets thérapeutiques. D'abord, il y a l'effet neurophysiologique produit par l'activation des mécanismes du système nerveux central (SNC) responsables du contrôle de la douleur et de la modulation des fonctions autonomes. L'activation des voies descendantes permet ces changements. Ceux-ci sont, entre-autres, l'augmentation du seuil de tolérance de la douleur à la pression et l'effet analgésique au-delà du segment mobilisé. Cet effet est important puisqu'il permet de moduler la douleur dans la région atteinte, sans mobiliser directement le segment en cause s'il est trop douloureux ou inflammé. (Perry & Green, 2008; Schmid, Brunner, Wright, & Bachmann, 2008). Puis, il y a l'effet mécanique. Pour que cet effet se produise, le thérapeute doit appliquer une force suffisamment grande sur les tissus environnant l'articulation pour briser les adhérences, produire un meilleur alignement des fibres, augmenter la lubrification articulaire et stimuler la circulation sanguine (Lederman, 2005; Magee 2007). Toutefois, afin de choisir la technique de traitement la plus appropriée, il est impératif de savoir si l'articulation est en cause dans la lombalgie et si cette dernière a besoin d'être traitée à l'aide de PA's. L'évaluation de la quantité de mouvement disponible à l'articulation et de la résistance pour produire ce mouvement est donc une étape qui permettra ensuite au clinicien de le guider dans le choix de ses techniques d'intervention. Ainsi, sa capacité à percevoir la quantité et la qualité du mouvement influencera ses décisions thérapeutiques.

Les grades de Maitland (Maitland 2013) constituent le cadre de référence le plus couramment utilisé pour la gradation des déplacements et des forces de pression lors des mobilisations en fonction de l'effet recherché, soit l'effet neurophysiologique ou mécanique. Or, l'hétérogénéité des méthodes d'enseignement de ce cadre dans les différents établissements d'éducation reste très préoccupante (Anson, Cook, Comacho, Gwilliam, & Karakostas, 2003; McCallum, Rachel Reed, & Stephanie Bachman, 2016), (Triano, Descarreaux, & Dugas, 2012). L'enseignement auprès des apprenants se résume principalement à une rétroaction qualitative. Celle-ci comprend l'observation de la démonstration de la technique par le professeur, la correction du positionnement du corps et des mains de l'apprenant sur la vertèbre et la force appliquée lors de la séance pratique, selon ce que l'enseignant perçoit lors de l'exécution de la technique par l'apprenant. Puis, il y a la pratique entre les apprenants. Ceux-ci ne peuvent évaluer d'une façon précise la

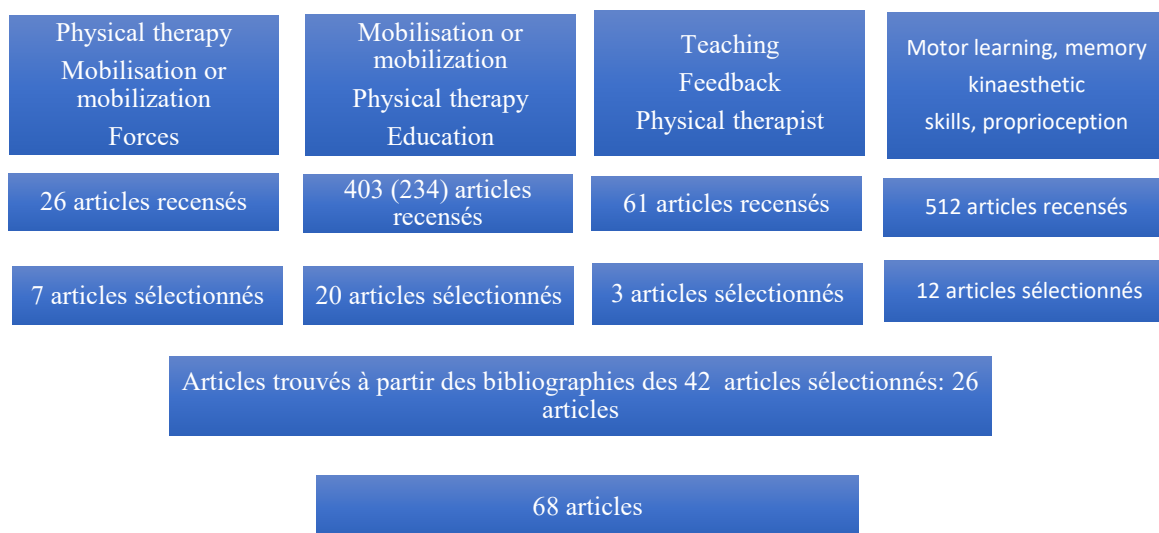
performance de la technique qui leur est prodiguée, puisqu'ils sont eux aussi en apprentissage et ne connaissent pas l'intensité des forces qu'ils devraient recevoir (Petty, Bach, & Cheek, 2001). L'apprenant n'a donc pas de rétroaction sur l'intensité des forces appliquées et risque fort probablement d'appliquer cette intervention de manière sous-optimale, tant lors de l'évaluation que du traitement (Gagnon, Longtin, Berbiche, & Gaudreault, 2016; Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2007; Snodgrass, Rivett, Robertson, & Stojanovski, 2009; Snodgrass, Rivett, Robertson, & Stojanovski, 2010). L'enseignement des mobilisations accessoires PA's présente donc quelques écueils du point de vue de l'apprentissage de l'intensité des forces à appliquer et c'est sur cette problématique que porte le présent projet de recherche.

Chapitre 2 : Recension des écrits

Ce chapitre est réparti de la façon suivante : la stratégie pour la recherche documentaire est d'abord présentée, puis le cadre conceptuel est expliqué. Ensuite, suivra une synthèse de l'état des connaissances sur la rétroaction et l'apprentissage moteur, sur l'enseignement de la thérapie manuelle orthopédique et sur la rétroaction kinesthésique.

2.1 : Recherche documentaire

La recherche documentaire a d'abord été faite à partir des bases de données en sciences de la santé via EBSCO (Medline, PubMed, CINAHL), en anglais, pour les années 1990 à 2018. Plusieurs mots-clés ont été utilisés et regroupés de façon différente, afin de sélectionner les articles les plus pertinents à ce sujet. La recherche a porté sur trois principaux thèmes, soit l'enseignement de la thérapie manuelle, les grades de Maitland et les forces associées, puis la rétroaction lors de l'apprentissage moteur. Chaque thème comportait ses mots-clés qui se retrouvent à la figure 1 à la page 5. Par la suite, les bibliographies des 42 articles retenus ont été minutieusement étudiées afin d'en extraire les références pertinentes au sujet d'étude. Cette étape a été répétée jusqu'à saturation des données. Puis, chaque article a été lu et critiqué afin d'en valider la pertinence et la qualité méthodologique. L'extraction des données a ensuite été effectuée pour organiser et synthétiser l'information.

Figure 1 : Diagramme de flux pour la sélection des articles

Section 2.2 : Cadre conceptuel : Le modèle de Maitland pour la TM

Au Canada, dans les programmes de baccalauréat-maîtrise en physiothérapie, de même que dans le curriculum de l'enseignement de la TM de l'Association canadienne de physiothérapie (ACP), le modèle théorique enseigné dans l'évaluation et le traitement des articulations par les mouvements accessoires est fondé sur les principes de Maitland (Maitland, 2013). Ce physiothérapeute australien de renom a fondé l'approche sur la perception des résistances ressenties dans l'application d'un mouvement accessoire d'une articulation, afin de mettre en place un système de grades de mouvement. Ces grades sont ensuite utilisés pour traiter une articulation en fonction des déficiences identifiées, comme la douleur ou la diminution de l'amplitude de mouvement (Snodgrass, Rivett, Robertson, & Stojanovski, 2009; Threlkeld, 1992).

Il existe cinq grades de mouvement de base comme l'a rapporté Maitland (2013) (quatre de mobilisation et un de manipulation) et qui sont définis selon l'amplitude du déplacement de l'os mobilisé et de la force nécessaire pour effectuer ce déplacement, en fonction de la résistance perçue par le thérapeute. Habituellement, la relation entre ces deux paramètres est représentée à l'aide de la courbe contrainte-déformation (Magee, Zachazewski, &

Quillen, 2007) . Cette courbe a servi de cadre théorique au diagramme de mouvement de Maitland utilisé dans le domaine de la TM (Maitland, 2013) (Fig. 2). Ce diagramme constitue un modèle représentant l'amplitude du déplacement disponible de l'os lors de la mobilisation, ainsi que la façon dont la résistance se développe jusqu'à l'atteinte de la limite du jeu articulaire. L'allure de cette courbe (par exemple, la pente) variera en fonction des particularités de l'articulation. Le déplacement disponible, mais aussi l'intensité de la résistance, seront influencés par divers facteurs intrinsèques et extrinsèques tels la résistance offerte par la capsule articulaire et le tonus musculaire environnant. Lors de la mobilisation d'un segment osseux, il est donc primordial pour le physiothérapeute de pouvoir identifier la zone neutre, définie comme la zone où il n'y a pas de résistance au mouvement, la première résistance perçue (R1), de même que celle qui marque la fin du mouvement disponible à cette articulation (R2) Le diagramme est présenté à la figure 2 ci-dessous.

Figure 2 : Diagramme de mouvement de Maitland

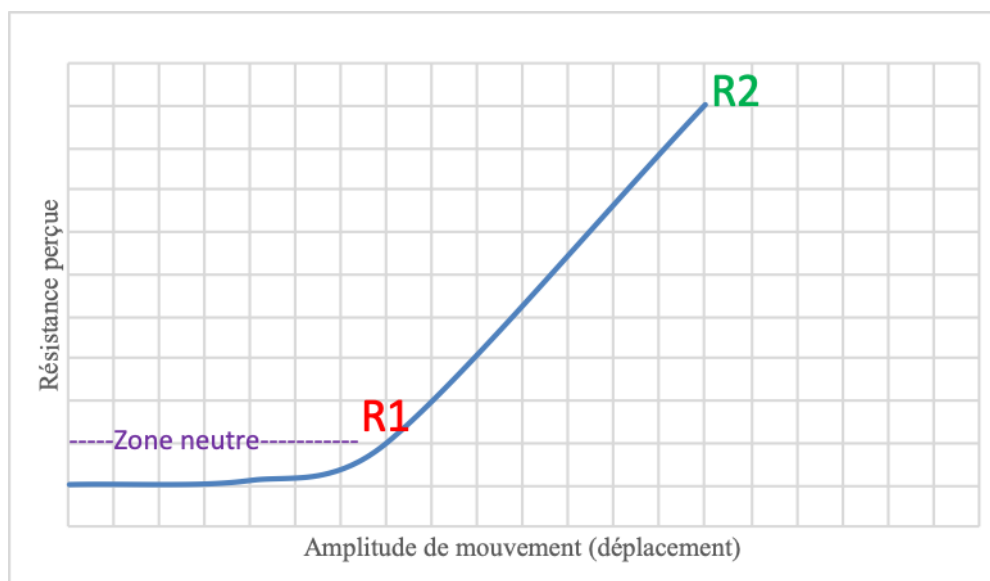


Figure créée par Annie Chenard dans le cadre du présent projet de recherche

En fonction de cette courbe, les grades de mouvement y sont situés selon la zone neutre, R1 et R2. Le grade 1 consiste en une mobilisation de l'os de petite amplitude, appliquée au début du mouvement, avant la perception de R1. Le grade 2 est une mobilisation de grande amplitude, appliquée au début du mouvement, jusqu'à la limite de R1. Pour les grades 3 et

4, la mobilisation s'effectue dans la résistance, jusqu'à la perception de R2. Le grade 3 est de grande amplitude, alors que le grade 4 est de petite amplitude. Le grade 5 est associé aux manipulations. Il est de petite amplitude et au-delà de R2. Toutefois, ce grade ne sera pas considéré dans cette étude. À ces grades sont associés des vitesses d'oscillation. Ainsi, les grades 1 et 4 sont rapides (soit 3-4 Hz/sec) alors que les grades 2 et 3 sont plus lents (1-2 Hz/sec) (Maitland, 2013). Le tableau 1 résume les caractéristiques des grades. La figure 3 situe les grades sur le diagramme de mouvement de Maitland.

Tableau 1 : Caractéristique des grades de mobilisation de Maitland

Grade	Amplitude	Rythme d'oscillation
I	Petite	3-4 Hz (rapide)
II	Grande	1-2 Hz (lent)
III	Grande	1-2 Hz
IV	Petite	3-4 Hz

Figure 3 : Grades de mobilisation de Maitland sur le diagramme de mouvement

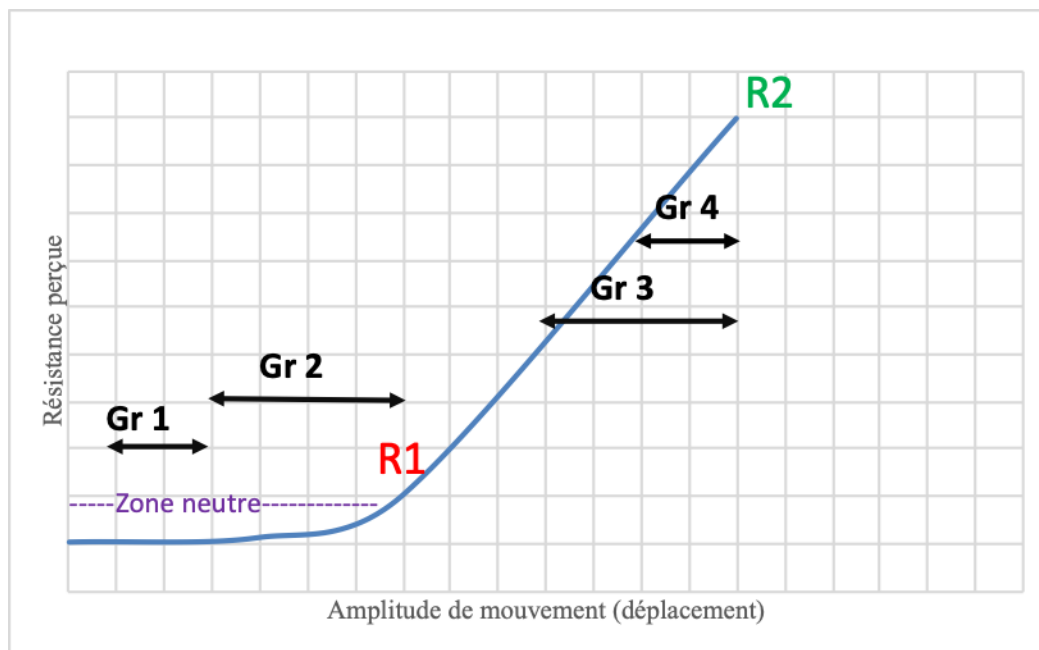


Figure créée par Annie Chenard dans le cadre du présent projet de recherche

Section 2.3 : TM : aptitudes psychomotrices, apprentissage et rétroaction

La compréhension des concepts théoriques de Maitland entourant la TM semble bien maîtrisée par les apprenants, tant au niveau universitaire que postgradué. Effectivement, les observations faites en contexte d'enseignement laissent croire qu'ils peuvent reconnaître quel grade utiliser en traitement, selon les réponses fournies lors de mises en situation fictives en contexte d'apprentissage. Ils peuvent même les reconnaître quand ils les observent dans un cas simulé (Rollins & Robinson, 1980). Le défi survient lors de la transposition des connaissances théoriques dans un cadre pratique, où il est exigé de percevoir les différentes résistances et d'appliquer les forces nécessaires pour évaluer le début et la fin du mouvement, afin de choisir le bon grade de traitement. (Anson, Cook, Comacho, Gwilliam, & Karakostas, 2003; Simmonds, Kumar, & Lechelt, 1995; Sizer, Felstehausen, Sawyer, Dornier, Matthews & Cook, 2007; Sizer, Sawyer, Felstehausen, Couch, Dornier & Cook, 2008 ; Triano, Descarreaux, & Dugas, 2012). Les habiletés psychomotrices nécessaires pour réaliser des mobilisations articulaires sont complexes à enseigner et à apprendre et constituent un défi pour les enseignants et les apprenants des programmes universitaires et postgradués.

Sizer & al., (2007-2008) ont réalisé deux études Delphi auprès de physiothérapeutes certifiés en thérapie manuelle faisant partie de *l'International Federation of Orthopaedic Manipulative Therapist* (IFOMPT). La méthode Delphi permet de rassembler les avis d'experts sur un sujet précis, et de mettre en évidence des convergences et des consensus sur un sujet en soumettant ces experts à des vagues successives de questionnements. Ces études ont été conduites afin de cibler les aptitudes psychomotrices nécessaires pour développer des compétences en TM, de même que les facteurs intrinsèques et extrinsèques qui influencent l'acquisition de ces compétences. La plupart d'entre elles avaient préalablement été identifiées par Schmidt & Lee (1999). Les facteurs intrinsèques font référence à l'apprenant lui-même et incluent son stade de développement moteur, sa motivation, sa mémoire et son attention. Quant aux facteurs extrinsèques, ils sont relatifs à la tâche elle-même. Ils englobent sa classification, la forme de son enseignement, ainsi que la rétroaction et la pratique offertes. En somme, les deux études de Sizer & al. démontrent que les aptitudes requises sont l'évaluation manuelle de l'articulation, les compétences relatives aux caractéristiques sensorimotrices fines, le traitement manuel du patient, la

coordination bilatérale main-œil, le contrôle de ses propres mouvements et des mouvements du patient, les caractéristiques générales des membres supérieurs et inférieurs, ainsi que la discrimination au toucher.

Selon Triano, Descarreaux, & Dugas, (2012), le processus d'apprentissage des manipulations vertébrales serait associé à un changement dans le *mapping* du SNC par des mécanismes d'adaptation. Ceux-ci se traduisent par une plasticité du SNC avec l'usage et par le renforcement de l'effet recherché produit. Ainsi, la pratique, mais aussi les stratégies de rétroaction, seraient des éléments clés de l'apprentissage et elles font partie des facteurs extrinsèques essentiels au développement des compétences en TM (Sizer, Sawyer, Felstehausen, Couch, Dornier & Cook, 2008). La rétroaction consiste en une information sensitive reçue et traitée par l'apprenant, durant ou après la performance d'une activité motrice (Nicholson, 2002). Les stratégies de rétroaction permettraient aux apprenants en TM d'acquérir les connaissances nécessaires pour améliorer leur performance et leurs résultats. Une étude de Lee & al. (1990) confirme cette tendance en démontrant que l'utilisation d'une rétroaction quantitative lors de l'application des PA's de grade 2 sur la vertèbre L3 améliore de façon significative la précision et la constance de l'intensité des forces produites lorsque la technique est appliquée. La variation des résultats obtenus pré et post test pour le groupe intervention avec rétroaction est significative alors qu'il n'y a pas de changement significatif pour le groupe contrôle. De plus, les résultats confirment la différence entre les 2 groupes. Il a également été démontré que la quantité de rétroaction (constante, à un moment précis ou sur demande) de même que le moment où elle avait lieu (pendant l'entraînement, après une séquence ou à la fin de la séance) influençaient la performance des apprenants quant à la précision de l'intensité des forces appliquées lors d'une série de mobilisations (Chang, Chang, Chien, Chung, & Hsu, 2007; Sheaves, Snodgrass, & Rivett, 2012; Snodgrass & Odelli, 2012). Ces paramètres doivent donc être considérés lors de l'apprentissage.

Section 2.4 : Enseignement de la TM

Les méthodes usuelles d'enseignement de la TM et des PA's consistent à visionner des vidéos qui expliquent et font la démonstration d'une technique, à faire des lectures des concepts théoriques et des résultats de recherches sur le sujet et, invariablement, à

participer à des laboratoires d'enseignement pratique. (Flynn, Wainner, & Fritz, 2006). Lors de l'enseignement pratique, le professeur explique la technique, la démontre et les apprenants la pratiquent entre eux sous supervision. Dans le cas de la technique de mobilisation vertébrale accessoire PA's, les apprenants doivent reconnaître les résistances qu'ils perçoivent en appuyant sur une vertèbre d'un autre apprenant. Cependant, ces résistances sont difficiles à percevoir et l'intensité des forces qui doivent être appliquées demeure difficile à établir pour ceux-ci. Il est également difficile pour l'enseignant qui observe de porter un jugement précis sur la quantité de force utilisée par l'apprenant lorsque la technique est effectuée. Cependant, ceux-ci doivent se fier à la rétroaction visuelle et verbale de l'enseignant, en ignorant si leur perception est valable ou non.

Lee, Moseley, & Refshauge, (1990) ont comparé l'intensité des forces appliquées lors de mobilisation vertébrale PA's entre deux groupes d'apprenants, l'un recevant une rétroaction quantitative sur la force (en newton) appliquée lors des mobilisations et l'autre groupe recevant une rétroaction verbale sur l'exécution de la technique. L'intensité des forces appliquées par les deux groupes a été comparée à celle d'un expert, avant et après la séance, puis une semaine plus tard. L'étude conclut que les rétroactions quantitatives résultent en une meilleure précision et en une diminution de la variabilité quant à l'intensité des forces appliquées. De plus, les résultats pris une semaine plus tard démontrent qu'avec les rétroactions quantitatives, la précision des PA's est maintenue dans le temps. Plusieurs autres études appuient l'efficacité de la rétroaction quantitative dans la précision des PA's (Anson, Cook, Comacho, Gwilliam, & Karakostas, 2003; Björnsdóttir & Kumar, 2003; Chang, Chang, Chien, Chung, & Hsu, 2007; Descarreaux, Dugas, Lallanée, Vincelette, & Normand, 2006; Dias, Amaral, & Fernão Pires, 2011; Gautam & Sharma, 2011; Snodgrass & Odelli, 2012).

Par ailleurs, d'autres recherches se sont concentrées sur la capacité de reproduire les différents grades de mouvement chez un même modèle, par différents apprenants ou thérapeutes et à différents moments. Les résultats concernant la fidélité interévaluateur sont faibles dans la plupart des études (Gorgos, Wasyluk, Van Lunen, & Hoch, 2014; Harms & Bader, 1997; Silvernail, Gill, Teyhen, & Allison, 2011; Simmonds, Kumar, & Lechelt, 1995; Smit, Conradie, Wessels, Witbooi, & Otto, 2003; Snodgrass, Rivett, & Robertson,

2006). Effectivement, la revue systématique de Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, (2014) rapporte que la fidélité interévaluateur pour l'application de forces lors des mobilisations articulaires est de faible à modérée (ICC 0,04 à 0,70). Ainsi, déterminer l'intensité des forces requises pour reproduire les différents grades est une tâche complexe. Il faut tenir compte que les forces sont dépendantes des caractéristiques uniques du modèle étudié et que, conséquemment, il est difficile de généraliser les résultats d'un sujet à l'ensemble des sujets. Est-ce que cet écart, qui persiste même chez les physiothérapeutes d'expérience, pourrait être réduit ?

On peut supposer que cet écart s'installe dès l'apprentissage initial des techniques de mobilisation. Actuellement, les méthodes d'enseignement préconisent l'utilisation de la rétroaction visuelle et verbale pour guider les apprenants dans l'acquisition des compétences nécessaires à la réalisation des techniques. Cette rétroaction qualitative ne tient donc pas compte de la composante quantitative associée à la technique. Par contre, toutes les études citées précédemment concluent que cette composante est essentielle. En somme, les études démontrent qu'une rétroaction quantitative sur l'intensité des forces appliquées semblent plus efficace qu'une rétroaction verbale. Dans ces études, les forces sont appliquées soit sur les vertèbres de modèles humains ou d'un mannequin. Dans les deux cas, l'intensité des forces est enregistrée à l'aide de capteurs flexibles, d'algomètre, de tables de traitement instrumentées ou d'une plateforme de force. Les signaux produits sont transmis à un ordinateur pour être traités, filtrés et amplifiés pour présenter ensuite une rétroaction visuelle sur un écran (Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, 2014). Les participants doivent ajuster l'intensité de leurs forces afin qu'elles se situent à l'intérieur d'une zone cible représentant la force requise pour produire le grade choisi. Ces méthodes comportent certaines limites. Premièrement, lorsqu'un mannequin est utilisé, la vertèbre instrumentée est loin de représenter une vertèbre lombaire d'un modèle humain, en ce qui a trait aux caractéristiques du tissu mou environnant l'articulation, de même que la subtilité de la résistance offerte par le corps. De plus, ces systèmes sophistiqués sont longs à installer et calibrer. Ils sont également extrêmement fragiles et coûteux. Deuxièmement, lors de l'application des mobilisations PA's en contexte réel, l'apprenant n'aura pas accès à une technologie procurant une rétroaction visuelle comme celle reçue lors de

l'entraînement. De fait, l'étude de Snodgrass & Odelli, 2012 rapporte que, pour les apprenants, le fait de se concentrer sur la courbe force-temps peut réduire le besoin d'apprécier la « sensation » du mouvement produit en supprimant les processus cognitifs supérieurs tels que la proprioception ou l'autocorrection, ce qui pourrait perturber la qualité de l'information enregistrée par le SNC. Or, l'interprétation de la courbe du diagramme de Maitland repose essentiellement sur la capacité de percevoir ces différences et d'ajuster la force déployée afin de reproduire le bon grade. Dans les études où l'apprentissage s'est fait à l'aide d'un support visuel lors de l'application de la force, la zone à atteindre représentait le R2 et le R1 et n'était pas prise en considération. Or dans le modèle de Maitland, l'écart entre R1 et R2 influence la pente, donc, la force à produire pour atteindre la limite R2. Selon ce modèle, c'est une composante essentielle. À ce jour, aucune étude n'a évalué une intervention ne comportant qu'une rétroaction kinesthésique donnée par un physiothérapeute d'expérience lors de l'apprentissage des PA's lombaires, ce qui permet d'identifier et de faire ressentir les deux résistances du diagramme de mouvement. C'est donc sur cet aspect de l'enseignement des PA's en milieu universitaire que porte cette recherche. Une rétroaction kinesthésique a été donnée en superposant les mains d'un physiothérapeute d'expérience sur celles de chaque apprenant du groupe d'intervention, afin de leur faire ressentir la force nécessaire pour atteindre R1 et R2 et la manière dont la résistance se traduit lors de l'application du PA's pour évaluer l'amplitude du mouvement.

Section 2.5 : Rétroaction kinesthésique

Effectuer un PA's lombaire de façon efficace et produire un grade de mouvement précis dans le cas d'un traitement d'un patient atteint de lombalgie demande un apprentissage moteur pour être exécuté de façon constante et précise. La source la plus importante pour le développement neural d'une tâche motrice serait la proprioception. (Goble, 2010)

La proprioception et la kinesthésie sont souvent utilisés comme synonymes (Stillman 2002; Clark, 1986), bien que les spécialistes en orthopédie, neurologie et médecine du sport aient une interprétation différente de ces 2 termes. De façon générale, dans la littérature, la proprioception fait référence à la position du corps dans l'environnement et la kinesthésie au déplacement du corps dans l'espace. (Proske, 2009; Han, 2016) Ils ont tous les 2 un rôle

crucial dans tous les processus relatifs au contrôle moteur et à l'apprentissage (Smyth & Masson, 1998).

Lors de l'application d'un PA's de grade 3 par exemple, il est impératif de définir le jeu articulaire disponible en termes d'amplitude de mouvement par la stratégie de contrôle de l'amplitude en lien avec la kinesthésie. Puis de déterminer où se termine le mouvement dans l'espace, soit le R2, grâce à la stratégie de contrôle de la position. L'étude de Marini, 2018 a bien étudié ces 2 stratégies et a démontré leur implication dans l'apprentissage de tâche motrice. Une autre étude de Huang & al., 2014, a évalué la performance d'un groupe d'étudiant de médecine qui étaient exposés pour la première fois à l'apprentissage des sutures chirurgicales. Ils ont été randomisés dans deux groupes et exposé à la méthode traditionnelle ou kinesthésique, selon leur groupe d'appartenance. Après deux semaines de pratique, ils ont été évalués sur la performance de 4 types de sutures chirurgicales. Les résultats démontrent que le groupe kinesthésique étaient significativement plus performant. Selon les auteurs, cet effet pourrait être extrapolé à des tâches chirurgicales plus complexes. Ce type de rétroaction semble donc très intéressant pour l'apprentissage lorsque la perception du mouvement est significative, voire essentielle, dans l'enseignement d'une tâche motrice donnée. Puisque l'appréciation de la résistance offerte au mouvement et à la quantité de mouvement est au cœur de l'apprentissage des grades et des mouvements, de l'interprétation du diagramme de mouvement et de l'application des PA's dans un contexte d'évaluation ou de traitement, la rétroaction kinesthésique apparaît comme une avenue prometteuse à explorer.

En l'absence de littérature sur l'effet d'une rétroaction kinesthésique sur l'apprentissage des forces appliquées lors de PA's sur une vertèbre lombaire, notre équipe a réalisé une étude pilote pour explorer la plausibilité des effets de cette forme de rétroaction. Les PA's réalisées sur la vertèbre L3 de 10 apprenants ont été comparées avant et après qu'ils aient reçu leur enseignement sur cette technique. De ce nombre, 5 apprenants ont reçu une rétroaction kinesthésique pendant l'enseignement alors que les 5 autres ont reçu l'enseignement usuel sans rétroaction kinesthésique. Les résultats montrent qu'avant le laboratoire d'enseignement des PA's, tous les apprenants appliquaient des forces beaucoup trop grandes lors de l'exécution de la technique, et ce, pour les deux grades évalués (grade

1 et 3), Après l'enseignement, les deux groupes appliquaient des forces moindres, celles des apprenants ayant reçu la rétroaction étant plus faibles. Une semaine plus tard, lors de la réévaluation des mêmes grades sur les mêmes sujets, le groupe sans rétroaction a réappliqué des forces semblables à celles évaluées en préenseignement, alors que le groupe expérimental a appliqué des forces semblables à celles évaluées post-enseignement. Les annexes 1 et 2 présentent ces résultats aux pages 55 et 56. À la lumière de ces données préliminaires, la question de recherche est proposée au chapitre qui suit.

Chapitre 3 : Question, objectifs et hypothèses de recherche

Section 3.1 : Question de recherche

Cette étude permettra de vérifier si l'ajout d'une rétroaction kinesthésique donnée par un professeur expérimenté lors de l'enseignement de mobilisations PA's sur les vertèbres lombaires améliore la capacité des apprenants à appliquer des forces dont l'intensité est en adéquation avec les grades du diagramme de mouvement de Maitland.

Section 3.2 : Objectifs

Section 3.2.1 : Objectif primaire

L'objectif principal de l'étude est de comparer les forces appliquées lors de mobilisations PA's de la 3^e vertèbre lombaire (L3) pour deux grades (1 et 3) du diagramme de mouvement de Maitland, entre un groupe d'apprenants recevant l'enseignement selon la méthode usuelle (groupe EU) et un groupe recevant l'enseignement usuel plus une rétroaction kinesthésique du professeur (groupe EU+R);

Section 3.2.2 : Objectifs secondaires

Secondairement, comparer les forces appliquées par les apprenants lors de mobilisations PA's de la 3^e vertèbre lombaire (L3) pour 2 grades (1 et 3) du diagramme de mouvement de Maitland chez les apprenants ayant reçu l'enseignement théorique des concepts de diagramme de mouvement et des grades de mouvement à celles appliquées par le professeur;

Ensuite comparer les forces appliquées lors de mobilisations PA's de la 3^e vertèbre lombaire (L3) pour deux grades (1 et 3) du diagramme de mouvement de Maitland entre les deux groupes, une semaine et trois mois après avoir reçu l'enseignement, afin de vérifier la rétention des apprentissages;

Finalement, comparer la satisfaction des apprenants par rapport au type d'enseignement reçu (EU ou EU+R)

Section 3.3 : Hypothèses

Les résultats des données préliminaires permettent de croire que l'ajout d'une rétroaction kinesthésique lors de l'enseignement des mobilisations PA's des vertèbres lombaires, selon la méthode usuelle avec rétroaction verbale, améliorent la capacité à reproduire des forces dont l'intensité est en adéquation avec les grades 1 et 3 du diagramme de mouvement de Maitland pour la vertèbre L3 d'un sujet sain. Ces valeurs seront maintenues une semaine et trois mois postenseignement. Quant au degré de satisfaction des apprenants, nous croyons qu'ils seront plus satisfaits de l'EU+R que de l'EU.

Chapitre 4 : Méthodologie

Section 4.1 : Avant-propos

Cette section présente la méthodologie de recherche qui répond aux objectifs du projet. L'idée originale de cette étude est celle de l'auteur de ce mémoire et elle a pris part à toutes les étapes de réalisation de la recherche. Celle-ci a été conçue et réalisée dans le but de bonifier l'apprentissage des habiletés cliniques qui sont souvent des sources de frustration chez les apprenants, en contexte de développement des compétences kinesthésiques. La rédaction du protocole a été faite sous la supervision des directeurs du projet. La réalisation d'un projet pilote a permis de mieux organiser et planifier le présent projet. Cette section présente donc chacune des étapes. Tout d'abord, le dispositif de recherche, puis la description de la population à l'étude ainsi que la stratégie d'échantillonnage et de recrutement sont exposés. Par la suite, la collecte de données et la présentation des différents instruments de mesure pour la réaliser seront décrites. Également, la taille de l'échantillon choisie pour les analyses statistiques sera présentée, puis finalement, les considérations éthiques et les biais potentiels termineront la section.

Section 4.2 : Dispositif de recherche

Stratégie de recherche quantitative, étude expérimentale avec intervention utilisant un devis après avec groupe contrôle. Le tableau 2 présente les étapes du déroulement de l'étude.

Tableau 2 : Étapes du déroulement de l'étude

RANDOMISATION 2 groupes	Groupe	Préparation	Mesure Pré T0 (1 semaine pré intervention)	Intervention	Mesure post T1 (1 heure post intervention)	Mesure post T2 (1 semaine post intervention)	Mesure post T3 (3 mois post intervention)
	Contrôle	Enseignement concepts théoriques	O1	EU	O3	O5	O7
	Intervention		O2	EU + R	O4	O6	O8

Préparation : enseignement des concepts théoriques de diagramme de mouvement et grades de mouvement de Maitland.

Une semaine post enseignement des concepts théoriques (tous les sujets de l'études) O1 et O2.

Intervention : enseignement usuel ou enseignement usuel plus rétroaction

Immédiatement (une heure environ) post (EU/ ou EU + R) O3 et O4.

Une semaine post (EU/ ou EU + R) O5 et O6.

Trois mois post (EU/ ou EU + R) O7 et O8.

Section 4.3 : Population à l'étude

Les apprenants d'un programme de baccalauréat-maîtrise en physiothérapie de la province du Québec représentent la population à l'étude. La population accessible est celle des apprenants inscrits au programme de baccalauréat-maîtrise de l'Université de Sherbrooke. L'échantillon comprend les apprenants de deuxième année inscrits au cours PHT-210 (Habilités cliniques en physiothérapie II) du programme de baccalauréat-maîtrise de l'Université de Sherbrooke à l'hiver 2018, soit la cohorte 2016-2020 de 52 étudiants. Ces apprenants sont, pour la plupart, exposés pour la première fois de leur curriculum aux mobilisations accessoires, dont les PA's lombaire. Le niveau d'expérience de chacun en TM est plus homogène.

Section 4.4 : Stratégie d'échantillonnage et de recrutement

4.4.1 : Critères d'inclusion :

- Faire partie du programme de baccalauréat-maîtrise en physiothérapie de l'Université de Sherbrooke et inscrit au cours PHT-210 Habiletés cliniques en physiothérapie II à la session d'hiver 2018 ;
- Suivre le cours PHT-210 pour la première fois

4.4.2 : Critère d'exclusion :

- Avoir été impliqué dans l'élaboration du projet de recherche

4.4.3 : Échantillonnage non probabiliste intentionnel

Avec l'accord du directeur du programme, les apprenants ont été informés de la nature de l'étude lors d'une rencontre et ont pu poser des questions sur le déroulement et la nature de leur participation. Un dépliant explicatif leur a aussi été remis lors de cette rencontre. Les apprenants intéressés à participer devaient contacter l'assistante de recherche responsable du recrutement de l'étude qui confirmait ensuite leur admissibilité à participer, leur expliquait le déroulement des quatre collectes de données et obtenait leur consentement à participer.

Section 4.5 : Procédure de collecte des données et déroulement de l'étude

Cette étude a nécessité quatre séances de collectes des données d'une durée d'environ trois heures :

- 1) après l'enseignement théorique des concepts de diagramme et grades de mouvement de Maitland, mais avant l'enseignement sur les PA's vertébrales (O1 et O2) ;
- 2) juste après avoir reçu l'enseignement sur les PA's (O3 et O4) ;
- 3) une semaine après l'enseignement sur les PA's (O5 et O6) ;
- 4) trois mois après l'enseignement (O7 et O8).

Le contexte a fait en sorte que la professeure qui dispensait l'enseignement (EU et EU + R) et les étudiants ne pouvaient être à l'aveugle du groupe d'appartenance, il s'agit donc d'une étude en simple aveugle (la personne qui a effectué les analyses était à l'aveugle du groupe d'appartenance des participants).

Quelques jours avant O1 et O2, les fondements théoriques des grades de Maitland et de son diagramme de mouvement ont été enseignés lors du cours PHT-210, de la façon prescrite dans le curriculum de formation. Les apprenants ont eu l'occasion d'expérimenter les grades sur différentes articulations du membre supérieur (épaule, coude, poignet et doigt), ainsi que les fréquences d'oscillation qui sont associées aux grades. Ils n'ont pas pratiqué sur les vertèbres du rachis lombaire. Cet enseignement a été fait par la professeure

responsable de l'étude, qui donnait également les 2 formes de rétroaction lors de l'intervention. Cette professeure est chargée de formation pratique dans les laboratoires d'habiletés cliniques depuis 2013. Elle enseigne également en formation post-graduée dans le curriculum de thérapie manuelle de l'ACP et détient depuis 2009 son diplôme avancé de thérapie manuelle de la *Canadian Academy of Physiotherapy* (CAMPT).

Une fois cette formation reçue, les participants ont participé à une première séance de collecte de données (O1 et O2). Au cours de cette séance, ils ont dû effectuer une première série de PA's appliquées sur le processus épineux de la vertèbre L3, pour une durée de 30 secondes, sur une personne servant de modèle. Ils devaient d'abord appliquer des PA's de grade 1 selon le diagramme de mouvement de Maitland et, ensuite, de grade 3. Les consignes étaient standardisées, les participants ne recevaient aucune information sur l'intensité et la fréquence d'oscillation (lente ou rapide) des forces appliquées. Une période de préparation d'une durée de 30 secondes était allouée, au cours de laquelle l'apprenant pouvait se positionner et percevoir R2. Au cours de cette même séance, une deuxième série de PA's a été appliquées exactement de la même façon, mais sur un prototype mécanique constitué d'une vertèbre instrumentée avec une cellule de force intégrée dans le système. La procédure standardisée est présentée en détail à l'annexe 3 à la page 57.

Les apprenants ont reçu ensuite l'enseignement pratique des mobilisations PA's des vertèbres lombaires, toujours dans le cadre du cours PHT-210 de leur curriculum de formation. Ils ont été préalablement répartis dans deux groupes distincts : un groupe recevant l'enseignement usuel avec rétroaction verbale (groupe EU) et l'autre groupe obtenant le même enseignement usuel, en plus d'une rétroaction kinesthésique du professeur (le groupe EU+R). Les interventions sont présentées en détail à la section 4.6.2 : variables dépendantes. La division des groupes des laboratoires d'habiletés cliniques est faite à partir du logiciel Faculté de Médecine de l'Université de Sherbrooke par la commis aux affaires académiques avant le début de chaque session. Le système répartit aléatoirement les étudiants selon le nombre de groupe requis, dans ce cas-ci deux groupes. En plus, le système tient compte du sexe de l'étudiant pour la répartition. L'agente de recherche a vérifié la répartition des participants de l'étude dans les deux groupes, et aucun

changement n'a dû être apporté. Il y en avait 19 dans le groupe A et 21 dans le groupe B. La répartition initiale faite par le système a été conservée. Pour déterminer le groupe contrôle et intervention, un tirage pile ou face a été fait. Ainsi, le groupe A est devenu le groupe contrôle et le B, intervention.

Tout de suite après le cours, les apprenants du projet ont participé à une deuxième séance de collecte de données (O3 et O4), selon les mêmes procédures décrites précédemment. Afin de documenter la rétention, une troisième séance de collecte de données s'est déroulée une semaine postintervention, pour tous les apprenants de l'étude et selon les mêmes procédures (O5 et O6). Une quatrième séance de collecte a également été faite trois mois postintervention (O7 et O8).

Section 4.6 : Variables et instruments de mesure

4.6.1 : Recrutement des modèles

Cette étude a nécessité le recrutement de quatre personnes (deux par groupe) qui ont servi de modèles, c'est-à-dire qu'elles ont reçu les mobilisations PA's lors des collectes des données. Les modèles ont été recrutés à titre volontaire parmi les apprenants de première année du programme de baccalauréat-maîtrise en physiothérapie de l'Université de Sherbrooke. Les modèles devaient présenter des caractéristiques anthropométriques et morphologiques semblables, afin d'assurer une certaine homogénéité entre les modèles. Ils devaient tous avoir un poids santé, une tonicité musculaire normale et ne pas avoir d'hyperlaxité ligamentaire. De plus, ils ne devaient présenter aucun symptôme de lombalgie au moment des collectes des données, ne pas avoir eu de lombalgie, spécifique ou non spécifique, au cours des deux dernières années et ne pas être atteint d'une pathologie connue du système musculosquelettique ou du système nerveux. La sélection a été réalisée par la professeure responsable de l'étude. Dans un premier temps, elle a évalué la résistance ressentie pour produire les grades 1 et 3 sur chaque modèle avec une échelle qualitative (hypomobile, normal et hypermobile). Par la suite elle a choisi les modèles ayant reçu la mention normale, puis a évalué l'intensité des forces pour chacun des grades à l'aide du capteur de force Flexiforce© et a choisi les modèles dont les mesures de résultats

étaient similaires pour ces grades. Le choix de deux modèles par groupe visait à permettre une période de repos suffisante entre les séries de mobilisations, afin d'assurer le confort des modèles et de minimiser l'impact que les mobilisations répétées pourraient avoir sur les propriétés viscoélastiques des tissus. Chaque modèle recevait donc, lors de chacune des collectes de données, 30 sec de PA's pour évaluer le jeu articulaire suivi de deux fois 45 secondes de PA's (grade 1 et 3). Par la suite, il y avait une pause de cinq minutes. Cette séquence était répétée neuf ou dix fois selon le modèle.

4.6.2 : Variable indépendante

Pour cette étude, la variable indépendante est représentée par l'enseignement des mobilisations PA's des vertèbres lombaires, dispensé de deux façons.

4.6.2.1 : Enseignement usuel des mobilisations PA's des vertèbres lombaires

Tous les apprenants participant à l'étude ont reçu l'enseignement pratique sur cette technique selon la méthode usuelle. Cet enseignement a été prodigué par deux professeures, soit la professeure responsable du cours et une assistante, qui est la professeure responsable de cette étude. Cet enseignement consiste d'abord à faire une démonstration des mobilisations PA's par l'enseignante responsable sur les vertèbres lombaires d'un apprenant volontaire alors que les autres observent. Pendant cette démonstration, la professeure responsable met l'accent sur la position du corps du thérapeute et sur la position de ses mains, sur l'angle d'application de la force ainsi que sur la façon de générer la force pour réaliser la technique. Elle fait également un rappel sur ce que l'on cherche à percevoir avec cette technique, soit R1, R2 et l'amplitude de mouvement de la vertèbre. La professeure démontre également la fréquence d'oscillation des grades de mouvement.

Ensuite, lors de la session pratique, les apprenants sont invités à expérimenter les mobilisations PA's sur les vertèbres lombaires d'un collègue, selon les différents grades de mouvement de Maitland. Les deux professeures ont offert une rétroaction verbale à chaque apprenant sur leur exécution de la technique, en rappelant les points importants concernant la position du corps, des mains, l'angle d'application de la force, la façon d'appliquer la

force, les sensations recherchées et la fréquence d'oscillation. Bien que le contenu de la rétroaction soit individualisé, les professeures ont utilisé une terminologie standardisée pour chaque consigne. À titre d'exemple : trouver, la première résistance ressentie (R1) et la fin du mouvement disponible à l'articulation (R2). Évaluer la quantité de mouvement disponible et la qualité de la résistance. La durée de la rétroaction a été d'environ 30 secondes par apprenant. Cette durée reflète celle qui est normalement dispensée en contexte réel d'enseignement.

4.6.2.2 : Enseignement usuel des mobilisations PA's plus rétroaction kinesthésique

Les apprenants du groupe intervention (groupe EU+R) ont reçu le même enseignement usuel par la même professeure responsable du cours, en plus d'une rétroaction kinesthésique qui a été prodiguée seulement par la professeure responsable de l'étude (assistante). Celle-ci a offert aux apprenants, par la superposition de ses mains sur les leurs, une rétroaction kinesthésique sur l'intensité des forces appliquées pour percevoir et identifier R1 et R2, sur l'amplitude de mouvement d'un niveau vertébral et sur la prise de contact des mains du thérapeute avec le corps du patient et du processus épineux, tel qu'illustré à la figure 4. Ces informations leur serviront de référence pour évaluer l'amplitude de déplacement d'une vertèbre par rapport à une autre et pour doser l'intensité des forces à appliquer pour tous les grades du diagramme de mouvement de Maitland. Pour sa part, l'assistante de laboratoire a corrigé chaque apprenant dans l'application des forces pour chaque grade, ainsi que sur l'amplitude de mouvement disponible. Cette rétroaction individuelle a également été d'une durée de 30 secondes par apprenant (même temps que pour le groupe EU).

Figure 4 : Rétroaction kinesthésique donnée aux participants du groupe intervention

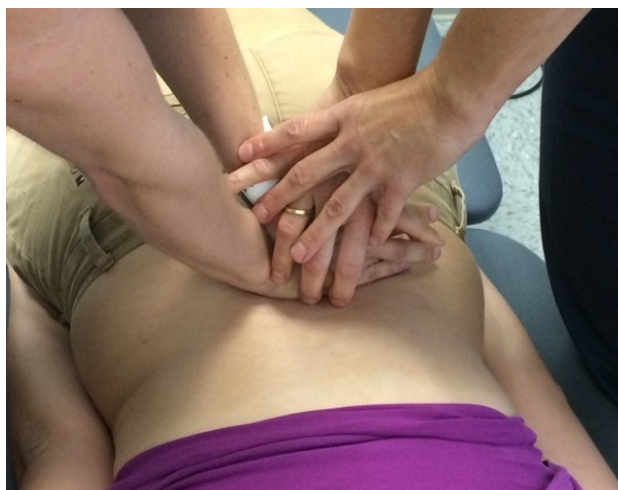


Photo prise par Annie Chenard dans le cadre du présent projet de recherche

4.6.3 : Variable dépendante primaire

Pour cette étude, la variable dépendante est représentée par les forces appliquées par les apprenants des deux groupes lors de l'application des mobilisations PA's sur le processus épineux de L3 d'un modèle humain et sur une vertèbre instrumentée pour les grades 1 et 3 du diagramme de mouvement de Maitland, aux temps de mesure O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7 et O8.

4.6.4 : Instruments de mesure

La force en newton a d'abord été mesurée à l'aide d'un capteur de force de marque FlexiForce© (TekScan, É.U.), présenté à la figure 5 à la page 25, qui était fixé sur le processus épineux de la vertèbre L3 d'un modèle qui était attribué à un apprenant pour toute la durée de l'étude. À noter qu'il n'existe actuellement pas de consensus dans la littérature quant à l'instrument de mesure à privilégier pour évaluer la force lors de l'application des PA's lombaire (Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, 2014). Le capteur flexible fait partie des instruments de mesure rapportés dans la littérature et il a l'avantage d'être facile à utiliser et peu coûteux. Cette méthode de mesure est donc facilement transférable en contexte réel. Le capteur Flexiforce© est une cellule de charge, c'est-à-dire un instrument qui s'apparente à un pèse-personne. Quand une force est appliquée sur le capteur, le matériau se déforme. Cette déformation se traduit en signaux (en volts). Les forces ont été

mesurées pour deux grades du diagramme de mouvement, soit le grade 1 et 3, l'ordre des grades a été déterminé de façon aléatoire. Lors de l'application de la mobilisation PA's, les signaux du capteur ont été transmis à un ordinateur pour l'enregistrement des données brutes. Ces données ont ensuite été traitées à l'aide d'un programme maison développé avec le logiciel Matlab, afin d'obtenir des valeurs en newton qui ont servi pour les analyses statistiques. Une procédure de calibration a été effectuée à l'aide d'un chargement progressif avec des masses connues (0 à 18,14 kg) et avec un incrément de 2,27 kg afin d'établir une mise à zéro.

Pour chaque grade, les valeurs minimales et maximales de la force produite lors d'une série d'oscillations de 30 secondes ainsi que la différence entre ces deux valeurs (max.-min.) ont été calculées. Elles ont permis de définir l'amplitude des forces appliquées pour un grade donné et la fréquence d'oscillation dans le temps. Ces paramètres ont servi à comparer les forces entre les deux groupes et aux différents temps de mesures.

Figure 5 : Capteur de force de type FlexiForce© (Tekscan modèle A401)

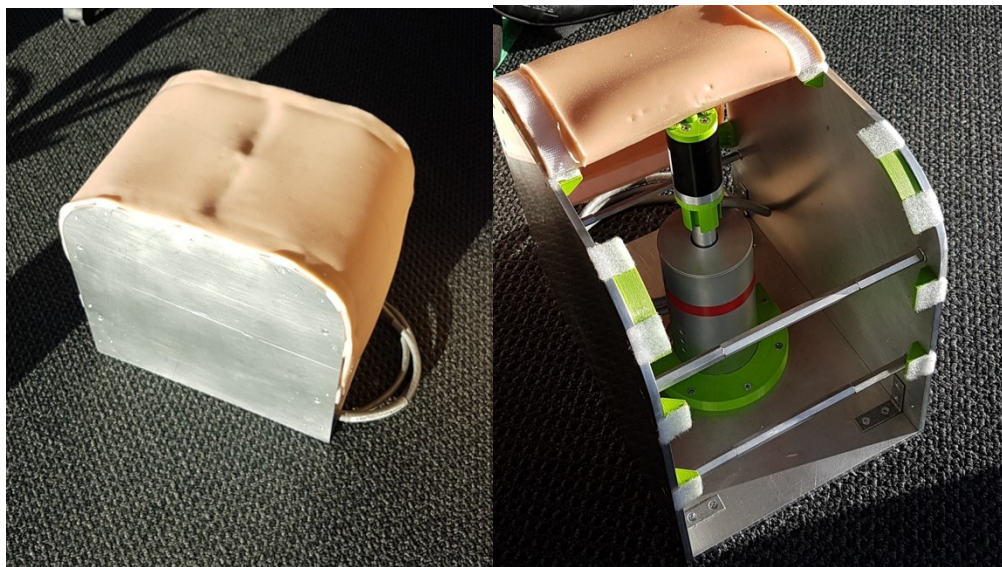


Photo tirée du site web de la compagnie Tekscan: <https://www.tekscan.com/products-solutions/force-sensors/a401>

Pour cette étude, le système composé du capteur de force constituait donc l'outil à privilégier, car il a permis une mesure simple, peu coûteuse et utilisable en situation réelle d'enseignement pour mesurer les forces. Bien que des travaux préliminaires aient été effectués pour documenter sa validité (test de fluage et de stabilité des signaux du capteurs), en cours d'étude, un deuxième instrument de mesure est apparu souhaitable et ce, pour trois raisons. La première est qu'un deuxième outil permettait d'avoir des données à traiter au cas où le capteur de force ferait défaut. De fait, un défaut du capteur aurait eu pour conséquence de retarder la collecte des données d'un an, car le projet était dépendant

du calendrier des activités du curriculum. La deuxième raison est de pouvoir tenir compte de la variation possible de la viscoélasticité inhérente aux tissus musculosquelettiques de modèles humains et ainsi, introduire un biais potentiel dans les mesures de force enregistrées. La troisième raison est que ceci permettait d'ajouter des données supplémentaires sur la validité du capteur, dans des conditions autres que celles de l'environnement où il a été développé, testé et validé. Une vertèbre instrumentée conçue pour un autre projet de recherche a été modifiée afin de mieux répondre aux besoins de la présente étude. Un prototype de vertèbre recouvert d'un matériau mimant l'effet de la peau et des tissus sous-cutanés a été monté sur une cellule de force. Elle est reconnue dans le domaine de l'ingénierie biomédicale. La résistance du piston a été diminuée afin de mieux représenter la résistance perçue lors d'un PA's effectué sur une vertèbre du rachis d'un humain. Ce piston était relié à un ordinateur où les données brutes de force produite selon trois axes de mouvement étaient analysées à l'aide du même programme utilisé pour le capteur de force. Ainsi, les données ont pu être facilement enregistrées de façon simultanée, c'est-à-dire que le capteur était installé sur la vertèbre lors des PA's afin de pouvoir étudier la corrélation entre les deux outils. La figure 6 montre le prototype de la vertèbre instrumentée.

Figure 6 : Vertèbre instrumentée montée sur une plateforme de force



Photos prises par Annie Chenard, dans le cadre du présent projet de recherche

4.6.5 : Variables secondaires

Le mode d'apprentissage favorisé par l'apprenant, soit oral, auditif, lire/écrire et kinesthésique, a été mesuré à l'aide du questionnaire validé VARK, version 7.1. Ce questionnaire comporte 16 items à choix multiples avec quatre réponses possibles. Chaque réponse est liée à un mode d'apprentissage. La somme des réponses permet de définir la proportion d'appartenance à chacun des modes d'apprentissage. Le questionnaire VARK présente un coefficient alpha de Cronbach se situant entre 0,77 et 0,85 (Leite, Svinicki, & Shi, 2010). Cette variable a servi à décrire l'échantillon de l'étude et aussi, à vérifier si elle produisait un effet confondant face aux résultats obtenus.

La satisfaction de tous les apprenants face au mode d'enseignement reçu (avec rétroaction verbale ou rétroaction kinesthésique), ainsi que leurs perceptions quant à la pertinence d'intégrer la rétroaction kinesthésique, ont été documentées à l'aide d'un questionnaire maison (échelle de Likert à 5 niveaux), inspiré du questionnaire de satisfaction de l'étude de Rossetini & al., 2017, développé dans un contexte similaire à celui de notre étude. Le score total a été converti en proportion, ce qui a permis de faire des comparaisons quant à la satisfaction des apprenants de chaque groupe par rapport à la méthode d'enseignement reçue. Les thèmes abordés étaient la pertinence de la rétroaction reçue, la compréhension des concepts de diagramme et de grades de mouvement, la perception de la quantité de mouvement disponible à une articulation et finalement, la capacité de transférer les acquis à d'autres articulations.

Section 4.7 : Taille de l'échantillon

La taille devait idéalement être définie en fonction de la détection d'un changement statistiquement significatif et ayant une pertinence clinique pour la différence de force enregistrée pour les deux grades choisis pour l'étude. Ceci a permis de juger de l'efficacité réelle de la rétroaction. Actuellement, dans les recherches, il n'y a pas de consensus concernant l'intensité moyenne des forces appliquées lors des quatre grades de mobilisation de Maitland (Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, 2014). Il a donc fallu

faire un estimé de ce que l'on jugeait pertinent d'un point de vue clinique comme écart entre les groupes, pour les deux grades étudiés dans la présente étude (grade 1 et grade 3). Selon le logiciel de calcul statistique du site Web du Professeur Rollin Brant, du département de statistiques de la University of British-Columbia (www.stat.ubc.ca/~rollin/stats/ssize/), et en fonction des paramètres obtenus (moyenne et écart-type), à partir des résultats des données préliminaires de l'étude pilote, la taille de l'échantillon pour un seuil de signification p de 0,05 et une puissance statistique de 0,80 était de 16 étudiants par groupe. Pour tenir compte de la perte au suivi (estimée à 10 %), 18 étudiants par groupe ont été recrutés. La différence entre les deux groupes, au niveau des moyennes de force en newton lors de l'application des grades, pouvait varier de 5 à 45 newtons, sans affecter la taille de l'échantillon. Au-delà de cette différence, la taille de chaque groupe devait être établie à 25. Selon les résultats préliminaires de notre étude pilote, on peut penser que la différence des moyennes des forces entre les groupes pour les grades 1 et 3 n'excèdera pas les 45 newtons. Il sera toutefois plus difficile de conclure si elle sera significative d'un point de vue clinique, en raison de l'absence de données de référence. Par contre, nous pourrions comparer les moyennes des deux groupes avec celles de la professeure référente.

Section 4.8 : Tests statistiques

Les analyses statistiques ont été générées à l'aide du logiciel SPSS v24. En premier lieu, cette étude visait à comparer les médianes de forces pour les grades 1 et 3 entre les groupes, aux différents temps de l'étude. Pour ce faire, le test non paramétrique de Mann Whitney a été utilisé. Par la suite, nous avons comparé les médianes de forces des grades 1 et 3 de chacun des groupes en fonction du temps, à l'aide du test non paramétrique de Wilcoxon avec correction de Bonferroni. Deux facteurs justifiaient l'usage de tests non-paramétrique : les données n'avaient pas une distribution normale, et la taille des échantillons était petite. La satisfaction de l'enseignement reçu par les apprenants du groupe de contrôle et celui du groupe d'intervention a été évaluée à l'aide de test-t pour les moyennes et les proportions. Finalement, la mesure d'homogénéité du capteur de force par rapport à la vertèbre instrumentée a été évaluée. Pour ce faire, les ICC ont été calculés.

L'interprétation de ces résultats a été faite à l'aide des lignes directrices de Cicchetti (1994). Le tableau 12 de la section résultats présente les lignes directrices en détail.

Section 4.9 : Considérations éthiques

Ce projet de recherche a reçu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS et portait le numéro 2018-2610. Même si celui-ci s'est déroulée dans le cadre d'un cours obligatoire du curriculum d'enseignement du programme de physiothérapie, il ne pouvait être imposé. De plus, puisque la professeure responsable de l'étude était aussi une des enseignants du cours PHT-210, cette situation créait un déséquilibre dans la relation de pouvoir chercheur-participant et l'apprenant aurait alors pu subir de l'influence indue. Il est reconnu que la décision de participer ou non à un projet de recherche ou de s'en retirer ne doit pas porter atteinte aux droits préexistants d'accès à l'éducation et que le recrutement ne doit pas se faire par des personnes qui sont en relation d'autorité (Conseils, 2010).

Plusieurs mesures ont été prises tout au long du protocole afin de contrer la violation de ce principe directeur. La solution la plus simple aurait été que l'étudiante-chercheuse se dissocie de son rôle d'enseignante pour la durée de l'étude. Par contre, pour des raisons de logistique et de budget, cette option était difficilement envisageable puisqu'elle requerrait l'implication de plusieurs autres personnes, dont des professionnels qualifiés pour l'enseignement de la rétroaction et l'enregistrement des forces. La présentation du projet de recherche aux étudiants, le recrutement des participants et la signature du consentement ont donc été effectués par un assistant de recherche qui n'était pas impliqué dans des activités d'enseignement au programme de physiothérapie. Ainsi, les apprenants pouvaient être respectés dans leur autonomie et choisir de s'engager de façon libre et éclairée, sans subir l'influence de leur professeure dans le rapport d'autorité cité plus haut. De plus, en rendant anonymes les données des étudiants et en s'assurant que les mesures de force des PA's lombaires soient collectées à l'insu de la professeure par une tierce personne compétente, cette dernière ne pouvait identifier les étudiants qui s'étaient engagés dans le projet. Ainsi,

nous avons pu contrôler les problèmes potentiels de favoritisme des apprenants, selon leur statut de participant ou non-participant qui auraient pu leur causer préjudice. Nous croyons que ces mesures ont réduit au minimum le risque d'influence indue lors du consentement, en cours d'étude ou lors de toute autre situation relationnelle postétudes. Le principe d'équité relatif à la relation chercheur-participant a donc été préservé.

Un autre problème concernait la répartition équitable des avantages et inconvénients de la recherche. Puisque l'on supposait que les apprenants recevant la rétroaction kinesthésique produiraient des forces dont l'intensité serait cohérente avec les grades de mouvement de Maitland, certains participants auraient pu vouloir recevoir la rétroaction kinesthésique pour pouvoir bénéficier des bienfaits escomptés de la technique. Ils auraient pu se sentir désavantagés de ne pas être dans le groupe expérimental, bien que les effets positifs de la technique ne soient pas prouvés. Les bénéfices pouvant découler de la participation à cette recherche sont d'ordre psychosociaux (*Formation éthique en recherche du Ministère de la santé et des services sociaux, 2012*) . Effectivement, les participants pourraient se sentir mieux outillés dans l'application des techniques enseignées et se sentir plus compétents. Ceci pourrait influencer grandement leur assurance à appliquer la technique et, par le fait même, toute la relation de confiance qu'ils doivent développer envers leurs compétences et habiletés cliniques. Pour prévenir l'impression de désavantage du groupe contrôle, après la conclusion de l'étude, la rétroaction kinesthésique leur a été offerte. Ainsi, ceux qui croyaient ne pas avoir profité des bénéfices potentiels de l'intervention pouvaient la recevoir. Ils avaient donc aussi la possibilité de bonifier leur pratique en ayant accès à la même intervention, mais à un moment différent.

Section 4.10 : Biais potentiels

La réalisation d'une étude pilote a permis d'identifier plusieurs biais potentiels dont certains ont pu être assignés avant l'étude. Tout d'abord, pour comparer les groupes, les modèles devaient avoir des caractéristiques morphologiques et une mobilité articulaire semblables. En effet, s'il y avait une plus grande résistance perçue chez un modèle par

rapport à un autre lors de l'application des PA's, les forces seraient nécessairement différentes, mais pas nécessairement incompatible avec le diagramme de Maitland.

Un autre biais concerne la préparation des modèles pour les collectes de données. Il fallait s'assurer que le capteur soit bien placé et toujours sur la même vertèbre pour éviter un biais de mesure. Ainsi, la préparation des modèles a toujours été faite par l'étudiante-chercheuse. Un autre biais de mesure possible concerne l'inhibition de certains étudiants lorsqu'ils sont observés dans la réalisation d'une tâche. Pour diminuer cet effet possible, les collectes de données toujours eu lieu dans une salle fermée et avec les deux mêmes personnes, soit l'agente de recherche et la préposée à l'enregistrement des données

Il a fallu aussi soulever le point de la confusion causée par des facteurs externes telle la possibilité que les apprenants du groupe intervention ou un superviseur de stage fournissent une rétroaction kinesthésique aux apprenants du groupe sans rétroaction. Également, les périodes de pratique des techniques entre les séances de collectes de données pouvaient varier d'un apprenant à l'autre et influencer la qualité et la précision de la technique. Pour contrevenir à cet effet, les apprenants du groupe EU+R ont reçu la consigne claire de ne pas partager la rétroaction kinesthésique avec les étudiants du groupe EU pendant la durée de l'étude. Nous avons documenté celle reçue en cours de stage dans le questionnaire de satisfaction. Dans le même ordre d'idée, il était impossible que lors de la période de rétroaction, tous les apprenants aient le même temps de pratique postrétroaction. Il y avait inévitablement un écart entre les premiers et les derniers à recevoir la rétroaction.

Chapitre 5 : Résultats

La présentation des résultats de cette étude est divisée en 4 sections. Tout d'abord, les caractéristiques de l'échantillon et des modèles de l'étude sont exposés. Suivront ensuite les résultats des quatre collectes de données et ceux relatifs au questionnaire de satisfaction des participants. Enfin, la dernière section présentera les résultats complémentaires en lien avec l'étude, mais qui ne font pas partie des objectifs de celle-ci.

Section 5.1 : Caractéristiques de l'échantillon et des modèles de l'étude :

Quarante participants ont été inclus dans l'étude. De ce nombre, 3 ne se sont pas présentés à la première collecte de données (T0). Il n'y a eu aucun autre désistement en cours d'étude. Ceci représente une attrition de 7,5 %. Le tableau 3, ci-dessous, présente les caractéristiques des participants de l'étude.

Tableau 3 : Caractéristiques des participants de l'étude

Caractéristiques	Groupe contrôle (EU) N=19	Groupe intervention (EU+R) N=18
Genre (%)	H : 47 % F : 53 %	H : 33 % F : 67 %
Âge (moyenne \pm ET)	22 ans 9 mois (\pm 2 ans 3 mois)	22 ans 11 mois (\pm 2 ans 3 mois)
Complété programme collégial TRP (%)	5 %	5 %
Complété Bacc en kinésiologie (%)	5%	22%
Déjà reçu tx physiothérapie (%)	68 %	61 %
Déjà reçu PA's lombaire (%)	16 %	6 %

EU : enseignement usuel; EU+R : Enseignement usuel plus rétroaction; H : Homme; F : Femme; ET : Écart-type; TRP : Thérapeute en réadaptation physique; Tx : Traitement; PA's : Pression postéro-antérieure

Quatre modèles ont été sélectionnés à titre volontaire pour prendre part à l'étude, selon les critères nommés au chapitre sur la méthodologie. La résistance aux PA's lombaire des modèles devait être homogène pour éviter les biais de résultats de mesure. L'évaluation de cette résistance a été faite par la physiothérapeute et étudiante-chercheuse référent de cette étude et lors de la sélection des modèles, elle a été qualifiée de : hypomobile, normale ou hypermobile. Les caractéristiques des modèles sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques des modèles de l'étude

Modèle	Genre	Âge (ans)	Taille (cm)	Poids (KG)	Dlr Lx actuelle	Dlr Lx antérieure	Mobilité acc PA's Lx
A	F	20	156	52	N	N	N
B	H	18	185	83	N	N	N
C	H	22	190	70	N	N	N
D	H	20	180	68	N	O	N

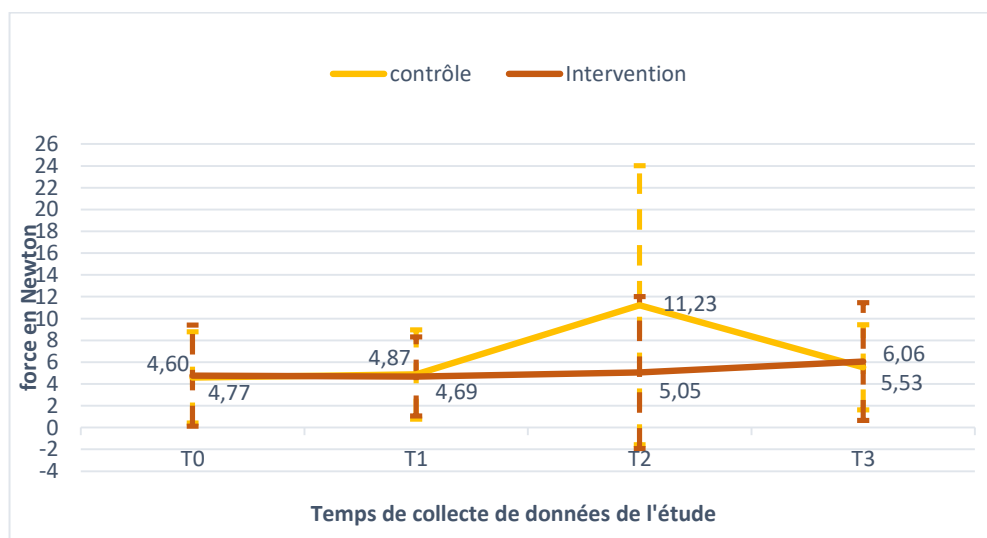
Dlr : Douleur; Lx : Lombaire; Acc : Accessoire

Section 5.2 : Résultats des 4 collectes de données

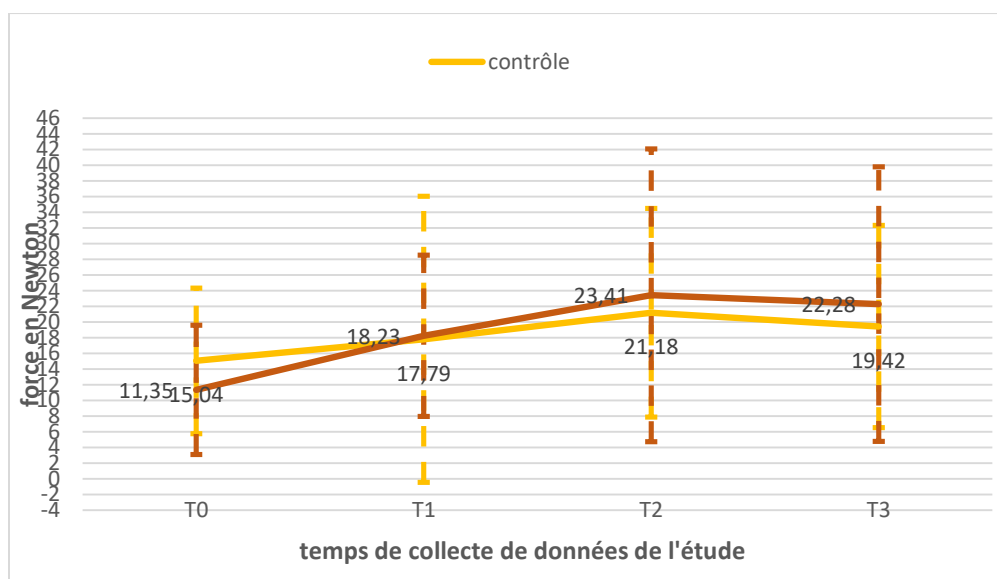
Les 4 séances de collectes de données ont été réalisées comme prévu au protocole de recherche. Les moyennes de force maximale et les écart-type pour le capteur de force ont été calculé pour les 2 groupes à chacun des temps, et ce pour les deux grades de l'étude. Elles ont permis d'avoir une idée générale de l'ensemble des résultats obtenus. Les figures 7 et 8 présente un visuel de ces résultats.

Figure 7

Moyenne des forces maximales enregistrées par le capteur de force pour le grade 1 pour les 2 groupes à tous les temps de l'étude

**Figure 8**

Moyenne des forces maximales enregistrées par le capteur de force pour le grade 3 pour les 2 groupes à tous les temps de l'étude



Par la suite les médianes et les valeurs interquartiles ont été calculées pour les PA's de grade 1 et 3, à chacun des temps de l'étude pour les 2 groupes et avec deux outils : le capteur de force et la vertèbre instrumentée. Ainsi qu'il a été mentionné au chapitre sur la méthodologie, le choix de mesurer les forces avec deux outils nous assurait d'obtenir des données à traiter en cas de mauvais fonctionnement du capteur de force. Rappelons que dans cette étude, l'intensité des forces est caractérisée de deux façons : 1) en valeur relative en ce qui concerne les pics de force maximale; 2) en valeur absolue, représentée comme étant l'écart entre la force appliquée par le participant et une valeur de référence. Cette référence est définie comme étant l'intensité des forces appliquées par une physiothérapeute experte en TMO.

L'objectif premier de l'étude visait à comparer les forces appliquées sur les vertèbres lombaires lors des mobilisations (PA's), chez les étudiants ayant reçu ou non une rétroaction tactile manuelle par un enseignant. Les tests de Mann-Whitney n'ont pas détecté de différences statistiquement significatives entre les 2 groupes de l'étude, sauf pour les données provenant du capteur de force au temps T2, pour le grade 1 et pour la force relative. En second lieu, l'étude avait pour objectif la rétention de l'enseignement dans le temps, à 1 semaine et à 3 mois postintervention, en comparant les forces enregistrées entre les différents temps de mesure. Les tests de la somme des rangs de Wilcoxon et la correction de Bonferroni ont démontré une différence statistiquement significative pour le groupe contrôle entre les temps T0 et T1, T0-T2 et T0-T3 pour les forces appliquées lors des PA'S de grade 3 mesurées avec la vertèbre instrumentée ($p=0,006$, $p=0,012$ et $p=0,030$ respectivement). Pour le groupe intervention, les forces mesurées avec la vertèbre instrumentées sont statistiquement significatives pour les grades 1 et 3, entre les temps T0-T1 ($p=0,006$ et $p=0,007$ respectivement), et pour le grade 3, entre T0-T2 et T0-T3 ($p=0,005$, $p=0,004$). Toutefois, la différence n'est pas statistiquement significative entre les temps T1-T2 et T1-T3, et ce, pour les 2 groupes. Pour les mesures enregistrées avec le capteur de force, aucune comparaison n'est statistiquement significative. La rétention ne se maintient donc pas dans le temps, et ce, peu importe l'outil utilisé dans cette étude. Les résultats sont présentés dans les tableaux 5 et 6 aux pages suivantes.

Tableau 5 : Comparaison des forces (médiane et plage interquartile) entre les groupes contrôle et intervention aux différents temps de l'étude, mesurées avec le capteur de force

		T0 Préenseignement		T1 Postenseignement immédiat		T2 1 sem. postenseignement		T3 1 mois postenseignement	
	Grade	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention
Médiane pics de force max (N) en valeurs relatives	1	3,87 (6,87)	3,87 (7,21)	3,07 (6,29)	3,18 (4,68)	3,74 (25,90)	2,53 (2,28)	3,87 (4,71)	3,18 (8,79)
	3	12,32 (19,99)	10,30 (16,93)	11,07 (15,46)	8,77 (21,05)	19,07 (18,51)	18,73 (35,32)	15,65 (27,35)	19,91 (35,25)
Médiane de force absolue entre le participant et valeur de référence (N)	1	2,73 (4,61)	2,87 (3,57)	2,83 (1,79)	1,73 (2,17)	2,95 (2,18) *	1,92 (1,28) *	1,91 (2,59)	1,85 (5,86)
	3	5,37 (12,36)	9,07 (8,38)	7,18 (6,95)	9,21 (7,65)	8,01 (12,92)	3,54 (13,77)	9,02 (17,98)	12,51 (15,02)

*Différence statistiquement significative entre les 2 groupes pour le grade 1 au temps 2

Tableau 6 : Comparaison des forces (médiane et plage interquartile) entre les groupes contrôle et intervention aux différents temps de l'étude, mesurées avec la vertèbre instrumentée

		T0 Préenseignement		T1 Postenseignement immédiat		T2 1 sem. postenseignement		*T3 3 mois postenseignement	
	Grade	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention	Groupe contrôle	Groupe intervention
Médiane pics force max (N)	1	4,73 (5,03)	3,48 (6,20)	7,14 (5,07)	7,40 (3,78)	6,64 (8,48)	6,60 (5,37)	*5,57 (5,48)	*7,35 (4,49)
	3	8,63 (5,86)	7,15 (10,41)	17,54 (14,32)	15,62 (3,72)	15,43 (17,74)	16,53 (12,09)	20,70 (15,06)	17,42 (12,77)
Médiane (valeur absolue) Différence force entre participants et valeur de référence (N)	1	6,57 (2,91)	7,71 (2,91)	4,07 (3,79)	3,93 (3,28) ¹	5,28 (3,54)	4,73 (4,44) ²	6,12 (4,72)	4,71 (5,55)
	3	37,50 (5,86)	38,99 (10,41)	28,6 (11,02) ¹	30,51 (3,72) ¹	30,71 (17,74) ²	29,60 (12,09) ²	25,44 (15,06) ³	28,71 (12,77) ³

*Différence statistiquement significative entre les groupes; ¹Différence statistiquement significative entre les temps T0 et T1; ²Différence statistiquement significative entre les temps T0 et T2; ³Différence statistiquement significative entre les temps T0 et T3

Section 5.3 : Résultats au questionnaire de satisfaction

Un objectif secondaire de l'étude était de mesurer la satisfaction des étudiants en lien avec l'enseignement reçu au cours de l'étude à l'aide d'un questionnaire maison. Les proportions pour chacune des questions des 2 groupes ont été calculées de même que la moyenne du score total. Les résultats sont présentés aux tableaux 7 et 8 à la page 37. La différence du score total de satisfaction entre les groupes contrôle et intervention est statistiquement significative ($P=0,000$). Les pourcentages de satisfaction sont de l'ordre de 73,2% pour le groupe contrôle et 91,6% pour le groupe intervention. Ainsi, étudiants apprécient davantage la formation reçue dans le laboratoire d'habiletés cliniques lorsque la rétroaction manuelle y est ajoutée.

Tableau 7 : Pourcentage des réponses du questionnaire de satisfaction, selon le groupe

Questions	Rétroaction selon le groupe	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
La rétroaction reçue lors de l'enseignement des PA's lombaire est pertinente	Groupe contrôle	0 %	0 %	0 %	78,90 %	21,10 %
	Groupe intervention	0 %	0 %	5,6 %	16,70 %	77,80 %
La rétroaction améliore la compréhension du concept de diagramme de mouvement	Groupe contrôle	0 %	0 %	10,5 %	68,40 %	21,10 %
	Groupe intervention	0 %	0 %	5,6 %	27,80 %	66,70 %
La rétroaction améliore la compréhension du concept de grade de mouvement	Groupe contrôle	0 %	0 %	5,3 %	78,90 %	15,80 %
	Groupe intervention	0 %	0 %	5,6 %	22,20 %	72,20 %
L'ajout de la rétroaction permet la perception de la quantité de mouvement disponible à l'articulation lors d'un PA's lombaire	Groupe contrôle	0 %	36,8 %	42,1 %	21,10 %	0 %
	Groupe intervention	0 %	0 %	0 %	22,20 %	77,80 %
La rétroaction permet de reproduire les grades de mouvement pour les mouvements accessoires des autres articulations (épaule, cheville, cou)	Groupe contrôle	0 %	31,6 %	36,8 %	31,60 %	0 %
	Groupe intervention	2,7 %	0 %	11,1 %	44,40 %	38,90 %

Tableau 8 : Résultats au questionnaire de satisfaction de l'enseignement reçu par les 2 groupes

Questions	Groupe contrôle (EU) Moyenne \pm ÉT	Groupe intervention (EU+R) Moyenne \pm ÉT
Q1	4,2 \pm 0,4	4,7 \pm 0,6
Q2	4,1 \pm 0,6	4,6 \pm 0,6
Q3	4,1 \pm 0,5	4,7 \pm 0,6
Q4	2,8 \pm 0,8	4,8 \pm 0,4
Q5	3,0 \pm 0,8	4,1 \pm 1,0
Score total*	18,3 \pm 1,7	22,9 \pm 2,4

*Différence statistiquement significative score total (P=0,000)

Le questionnaire VARK, qui mesure la préférence au niveau de l'apprentissage, a été rempli au début de l'étude. Les résultats sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Pourcentage de participants appartenant à chacune des catégories d'apprentissage selon le questionnaire VARK

Catégorie	Groupe contrôle (%)	Groupe intervention (%)
Visuelle	13 %	10 %
Oral	26 %	37 %
Lecture/écriture	4 %	21 %
Kinesthésique	57 %	32 %

Section 5.4 : Résultats complémentaires

Les corrélations entre les 2 instruments, soit le capteur Flexiforce et la vertèbre instrumentée, ont donc été estimées pour les grades 1 et 3. Dix mesures ont été prises pour chacun des grades, à 2 temps différents, pour un total de 20 mesures par grade de mouvement. Dans un premier temps, les corrélations obtenues en combinant les 2 temps sont moyennes pour le grade 1 (ICC=0,425) et bonnes pour le grade 3 (ICC=0,669). Les résultats sont détaillés dans le tableau 10 et l'interprétation de ces résultats, dans le tableau 11 à la page suivante.

La force d'association entre les forces mesurées avec les deux outils pour les 2 grades de mouvement est reflétée par des ICC satisfaisants lorsque l'on combine toutes les mesures qui ont été prises, de même que si l'on considère celles du temps 1 (moyen pour le grade 1 et bon-excellent pour le grade 3). Toutefois, les résultats du temps 2 montrent des ICC faibles.

Tableau 10 : ICC pour le capteur de force par rapport à la vertèbre instrumentée

	ICC grade 1	IC 95%		ICC garde 3	IC 95%	
		Borne inférieure	Borne supérieure		Borne inférieure	Borne supérieure
Temps 1+2	0,425	-0,010	0,724	0,669	0,332	0,854
Temps 1	0,469	-0,185	0,835	0,856	0,525	0,962
Temps 2	0,180	-0,473	0,706	0,266	-0,400	0,748

ICC : *Intraclass coefficient*

IC: intervalle de confiance

Tableau 11 : Cicchetti (1994) *Guidelines for interpretation for kappa or ICC inter-rater agreement measures*

Mesure	Interprétation
< 0,4	Faible
0,4-0,59	Moyen
0,6- 0,74	Bon
0,75-1,00	Excellent

Chapitre 6 : Discussion

Ce chapitre reprend l'ensemble des résultats en les interprétant à la lumière de la recension des écrits et des objectifs de l'étude. Seront ensuite présentées les forces et les faiblesses. Les retombées et recommandations qui découlent de ce projet de recherche viendront compléter la discussion.

Les résultats de cette étude ne démontrent pas que l'ajout d'une rétroaction kinesthésique donnée par un professeur expérimenté lors de l'enseignement de mobilisations PA's sur les vertèbres lombaires améliore la capacité des apprenants à appliquer des forces dont l'intensité est en adéquation avec les grades du diagramme de mouvement de Maitland. Effectivement, la comparaison des différences de forces (en valeurs absolues) de chacun des groupes, par rapport aux mesures de la référence de l'étude, ne permet pas de prouver la plus-value de l'intervention pour l'amélioration des forces dans l'application des grades 1 et 3, avec les 2 instruments de mesure utilisés, sauf pour le capteur de force au T2, où la différence entre les groupes est statistiquement significative. ($p=0,027$). Ce résultat n'est cependant pas significatif d'un point de vue clinique.

L'objectif principal de la recherche était de comparer les forces appliquées lors de mobilisations PA's de la 3^e vertèbre lombaire (L3) pour deux grades (1 et 3) du diagramme de mouvement de Maitland, entre un groupe d'étudiants recevant l'enseignement selon la méthode usuelle (groupe contrôle) et un groupe recevant l'enseignement usuel, plus une rétroaction kinesthésique du professeur (groupe intervention). Cette étude visait aussi secondairement à déterminer s'il y avait une rétention des acquis dans le temps. Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure qu'il existe une différence statistiquement significative : l'ajout de la rétroaction n'améliore pas la précision des forces appliquées lors de mobilisations lombaires pour les grades 1 et 3 du diagramme de Maitland et il n'y a pas de rétention dans le temps. Plusieurs hypothèses ont été soulevées afin d'expliquer ces résultats.

Premièrement, il est essentiel de considérer l'ensemble des résultats des collectes de données. Les forces enregistrées et la grande variation de celles-ci entre les sujets va-t-elle dans le même sens que ce qui se retrouve dans la littérature? À la lumière des résultats de l'étude et des évidences que l'on retrouve dans la littérature, il semble que oui. Effectivement plusieurs auteurs ont rapporté cette variabilité au niveau des forces (Gagnon, Longtin, Berbiche, & Gaudreault, 2016; Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, 2014; Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2006; Harms & Bader, 1997 ; Simmonds, Kumar, & Lechelt, 1995). Celles de Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2006 et Harms & Bader, 1997 sont particulièrement concluantes en ce sens. Il existe une très grande variabilité au niveau des forces appliquées pour un même grade de mouvement et ce, même chez des physiothérapeutes d'expérience. Les coefficients de variation (CV) ont été calculé pour la référence de cette étude afin de vérifier son niveau de constance de l'intensité des forces pour les différents sujets, et pour la vertèbre instrumentée. À titre d'exemple, le CV pour le sujet D est de 0,32 pour le grade 1 et 0,23 pour le grade 3. Pour la vertèbre instrumentée, les CV sont de 0,14 et 0,22 pour les grades 1 et 3 respectivement. L'homogénéité des résultats dans le cas qui nous concerne est donc intéressante. Un autre fait intéressant rapporté dans plusieurs études est que la fidélité interévaluateur est faible (Gorgos, Wasylyk, Van Lunen, & Hoch, 2014; Simmonds, Kumar, & Lechelt, 1995). Il est donc difficile d'avoir des résultats homogènes au niveau des forces produites et ainsi, de pouvoir établir des comparaisons entre deux groupes. Un autre facteur qui semble influencer les résultats est la précision et la facilité d'utilisation des dispositifs employés pour enregistrer les forces. La précision des mesures peut varier selon l'outil de mesure utilisé et ainsi, faire varier les résultats. Conséquemment, il est difficile de faire des comparaisons avec les études antérieures sans tenir compte de cette possible variation. Toutefois, l'ordre de grandeur devrait demeurer le même, c'est-à-dire que les forces enregistrées pour un grade 1 devraient être plus petites que celles enregistrées pour un grade 3 (Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2006).

Un des enjeux importants dans la réalisation de cette étude était qu'elle soit le plus représentative des conditions d'enseignement et donc, du temps accordé aux apprentissages des techniques de TM dans les laboratoires d'habiletés cliniques. Ainsi, le temps

représentait un enjeu majeur, tant pour les quatre collectes de données que pour la rétroaction donnée. Cette dernière devait pouvoir convenir au temps alloué à la portion d'apprentissage des PA's du laboratoire. Dans les études antérieures (Lee, Moseley, & Refshauge, 1990), la rétroaction était aussi de 30 à 45 secondes, mais, pour la plupart, elle était répétée plus d'une fois, ce qui était difficilement réalisable dans le contexte choisi et dans la réalité de l'enseignement, par rapport au facteur temporel. De ce fait, la dose a fort probablement été insuffisante pour influencer les résultats entre les 2 groupes. Une solution possible aurait été de répéter la portion d'enseignement pratique de la technique PA's dans des plages horaires supplémentaires, dans les jours suivant l'enseignement et de faire l'enregistrement des mesures à la fin de cette nouvelle dose. Si l'application de ce nouveau protocole permettait d'avoir des résultats démontrant la plus-value de la rétroaction kinesthésique en enseignement de la TM, l'ajout de séances de pratiques supervisées dans les cours d'habiletés cliniques permettrait de bonifier les apprentissages des apprenants. Cet ajout est possible et cadrerait bien dans le curriculum actuel du programme de baccalauréat-maîtrise de physiothérapie.

Un autre facteur pouvant avoir influencé les résultats est l'inexpérience des apprenants. Est-ce que la dose pourrait être suffisante pour des apprenants de 4^e année ou pour de jeunes physiothérapeutes présentant entre un à cinq ans de pratique en TM par exemple? Une fois qu'on connaît l'application de la technique, la gradation de la force devient-elle plus facile à intégrer? Selon l'article de Han & al., (2016), l'exécution d'une tâche se fait plus aisément chez les athlètes d'expérience au soccer que chez les novices. Les joueurs élités utilisent moins les processus centraux pour analyser l'information proprioceptive pour contrôler le mouvement et peuvent donner plus d'attention à la tâche elle-même. Il est donc possible de penser que l'expérience et le niveau d'entraînement antérieur permettent une meilleure assimilation des différentes composantes d'une tâche donnée. Serait-il nécessaire de donner des séances pratiques et de rétroaction à des sujets ayant des caractéristiques morphologiques différentes et par le fait même, des résistances perçues distinctement? Ceci met en question tout l'aspect kinesthésique de l'apprentissage de la TM, de l'expérience clinique et de la rétroaction kinesthésique par le fait même. Dans la littérature, les protocoles de rétroaction quantitative ont toujours été réalisés avec des

apprenants plus ou moins expérimentés. La revue systématique de Snodgrass, Rivett, & Robertson, (2006) montre cette tendance. Seule l'étude de Gautam & Sharma, (2011) a été réalisée avec deux physiothérapeutes d'expérience. Une étude sur l'apprentissage des manipulations vertébrales, réalisée par Pasquier, Cheron, Dugas, Lardon & Descarreaux, (2017) a démontré que les apprenants, peu importe leur expérience, bénéficient d'une rétroaction. Cependant, la vitesse d'apprentissage et la précision des forces suite à cette rétroaction n'a pas été évaluée. De plus, il n'y a pas de données sur l'apprentissage des PA's par rétroaction kinesthésique.

L'étude de Gautam & Sharma, (2011) a fait l'entraînement de physiothérapeutes expérimentés en TM pour évaluer la fidélité intra et interévaluateur et les résultats ont été excellents. L'entraînement améliore la capacité de reproduire des forces semblables. Toutefois, le protocole d'entraînement durait un mois, donc était très loin de ce que la plupart des études sur le sujet ont fait. Ainsi, la question de savoir si l'expérience en TM améliore l'apprentissage des forces relatives aux grades de mouvement demeure active et des recherches sur le sujet doivent être entreprises.

La différence des résultats obtenus entre les 2 instruments de mesure lors de la collecte des données et les résultats concernant la corrélation entre les outils soulèvent une autre interrogation : la variation de contrainte dans le tissu humain, aux différents temps, comparativement à la constance des forces à appliquer sur une vertèbre instrumentée peut-elle influencer les résultats ? Il semble que oui, si l'on regarde les coefficients de variation de la référence de l'étude. L'homogénéité est meilleure pour la vertèbre instrumentée que pour les modèles humains tel que présenté précédemment. Effectivement, la force nécessaire pour effectuer un grade de mouvement précis lors d'un PA's varie en fonction de la résistance perçue par le thérapeute qui l'applique. Cette résistance dépend du jeu articulaire, c'est-à-dire de l'amplitude de mouvement disponible à l'articulation, mais également, de la contrainte offerte par l'environnement immédiat de l'articulation soit les caractéristiques du sujet qui est mobilisé. Ainsi, l'indice de masse corporelle, la tension des muscles, la résistance offerte par les fascias, la douleur et la position du modèle peuvent influencer la quantité de force nécessaire pour effectuer un grade de mouvement précis et ainsi, influencer l'intensité de la force appliquée sur la vertèbre selon un grade donné. Dans la présente étude, ceci semble se traduire par les écart-types des moyennes de force qui sont

plus petits pour la vertèbre instrumentée, par rapport au capteur de force placé sur les modèles. D'autres facteurs ont été cités comme influençant les forces produites (Snodgrass, Rivett, & Robertson, 2006), soit les variations dans l'application de la force (fréquence d'oscillation, amplitude du déplacement et direction de la force) et dans l'environnement (rigidité de la table de mobilisation). Effectivement, l'angle d'application du vecteur de force sur le capteur ou la vertèbre instrumentée a certainement influencé la valeur des forces. Le capteur enregistre une force appliquée selon un seul axe (postéro-anérieur) alors qu'elle est mesurée sur trois axes avec la vertèbre instrumentée. Snodgrass, Rivett, & Robertson, (2006) a rapporté cette différence. Nous avons tenté de minimiser l'impact de cette variable en choisissant la vertèbre L3 qui, par sa position, se mobilise de façon prédominante selon un axe de translation antérieure lorsqu'une PA's est réalisée sur son processus épineux en comparaison avec les autres vertèbres lombaires. Toutefois, l'angle produit par les participants lors de l'application de leur technique sur le capteur de force n'a pas été surveillé, ce qui révèle un biais possible ayant influencé les résultats de forces produites lors des différentes collectes de données. Notons qu'avec la vertèbre instrumentée, la mesure de force représentait la moyenne des forces enregistrées dans les 3 plans. Ainsi, la variation dans l'angle d'application devenait moins significative.

En considérant tous ces facteurs, lors de l'apprentissage, est-ce que l'enseignement des grades de mouvement lors des PA's ne serait pas plus facile sur un sujet dont les composantes influençant la force lors d'une PA's seraient réduites au minimum? Ainsi, la combinaison de l'enseignement de la technique sur un modèle réel et la pratique des grades de mouvement sur une vertèbre instrumentée serait peut-être un moyen d'optimiser la rétention dans l'apprentissage de tâches complexes.

L'étude souhaitait également évaluer la satisfaction des apprenants face à la rétroaction manuelle tactile donnée lors de l'apprentissage des PA's lombaires. Est-ce que le fait d'ajouter cette rétroaction à une tâche où la perception des résistances est importante, apporte une plus grande satisfaction aux apprenants dans l'acquisition de leurs habiletés motrices? Le sondage effectué auprès des 2 groupes semble en démontrer la pertinence. La différence la plus significative se situe dans la perception du mouvement disponible à

l'articulation lors d'une PA's lombaire (100 % dans le groupe intervention par rapport à 21% dans le groupe contrôle). Ce résultat semble démontrer que la base de l'apprentissage de ce concept passe par une rétroaction kinesthésique. Fait intéressant à noter, les catégories d'apprentissage du questionnaire VARK ne semblent pas influencer la pertinence de la rétroaction manuelle perçue dans le groupe intervention où les 4 types d'apprentissage étaient représentées dans des proportions assez semblables. Cependant, l'apprentissage de type kinesthésique était beaucoup plus important dans le groupe contrôle (près de 60 %). Est-ce que cela peut refléter l'insatisfaction des participants du groupe contrôle qui n'ont pas bénéficié de cette rétroaction? Est-ce que cela aurait aussi pu avoir une influence sur les résultats de forces obtenues dans l'étude? La question demeure sans réponse puisque les deux groupes n'étaient pas homogènes par rapport à cette donnée précise. Il est perçu par les participants, selon les résultats obtenus à la question 5 du questionnaire maison, que la rétroaction kinesthésique semble permettre un transfert des apprentissages des grades de mouvement aux autres articulations où l'on effectue des mouvements accessoires (32 % contre 84 % pour chacun des groupes respectifs). Ainsi, bien que les résultats obtenus ne démontrent pas qu'il y a un changement statistiquement significatif sur les forces appliquées, le fait d'avoir une meilleure perception et compréhension de la tâche favorise peut-être la progression et l'amélioration de l'apprentissage des mouvements accessoires. Ainsi, l'application de la rétroaction kinesthésique, dans tous les laboratoires d'habiletés cliniques où les mouvements accessoires sont enseignés, permettrait peut-être un meilleur apprentissage.

Finalement, tous les participants ont rapporté qu'ils ont reçu une rétroaction pertinente et qu'elle leur a permis d'avoir une meilleure compréhension du concept de diagramme de mouvement. Ainsi, l'enseignement actuellement dispensé dans les laboratoires d'habiletés cliniques demeure pertinent, mais pourrait être grandement bonifié par l'ajout de la rétroaction kinesthésique.

Pour terminer, l'évaluation de la force d'association entre les données enregistrées par le capteur de force et celles enregistrées avec un instrument de référence a été réalisée afin de documenter sa validité dans un environnement autre que celui où il a été conçu. Pour ce

faire, le capteur de force a été superposé à une vertèbre instrumentée munie d'une cellule de force afin de collecter des données de force de façon simultanée. Après avoir effectué les PA's sur les modèles humains, les participants devaient effectuer les PA's pour des grades 1 et 3 sur ce système. Fait à noter, il existe une différence importante entre les ICC selon la semaine de prise de mesure. Il est important de comprendre que le piston de la vertèbre instrumentée était plus petit que la surface du capteur et que, par conséquent, la localisation du point de contact du piston sur le capteur de force, qui consiste en une jauge de déformation, a pu varier et modifier la déformation du capteur d'une prise de mesure à l'autre. Ainsi, il est probable que la position du piston sous le capteur n'était pas optimale lors de la deuxième prise de mesure, ce qui explique que les ICC au temps 2 soient mauvais alors qu'ils étaient bons et excellents au temps 1. Ainsi, la précision de la localisation du capteur semble avoir une influence importante sur les valeurs de force enregistrées. Effectivement, la déformation de la jauge a pu être influencée à la fois par sa localisation sur la vertèbre du modèle, et aussi, par la surface de la main du participant en contact avec la vertèbre du modèle pour faire la technique PA's. Il s'agit donc d'un autre biais potentiel de l'étude lors de l'enregistrement des forces qui peut avoir influencé les résultats.

Globalement, les résultats de cette recherche vont dans le même sens que ce qui a été démontré dans la littérature antérieurement. Effectivement, il existe une grande variabilité au niveau des forces enregistrées pour un même grade de mouvement et ce, peu importe le grade. Il n'y a pas de consensus sur les forces à appliquer pour produire un grade de mouvement, ce qui constitue une limite importante dans tout projet de recherche sur le sujet, dont celui-ci. Il est donc difficile d'obtenir des résultats statistiquement significatifs avec des moyennes dont les écarts-types sont si grands. Les données du projet pilote avaient permis d'estimer des moyennes de force pour les 2 grades de mouvement de l'étude et les résultats avaient été utilisés afin de déterminer la taille d'échantillon qui permettrait d'avoir une puissance statistique intéressante. Cependant, les écarts-type estimés ont été très différents de ceux obtenus, ce qui a affecté grandement la puissance statistique. Les figures 7 et 8 de la section résultats montrent ces écarts.

Forces de l'étude :

La principale force de cette étude est qu'elle a été réalisée dans un contexte réel d'apprentissage, c'est-à-dire en tenant compte des contraintes rencontrées dans les laboratoires d'habiletés cliniques en milieu universitaire. Elle a été réalisée sur des modèles humains en tenant compte des limites de temps reliés à l'enseignement. Ainsi, si les résultats avaient été concluants, la méthode d'enseignement aurait pu être rapidement intégrée dans les laboratoires, et ce, sans coût supplémentaire.

Une autre force concerne l'aspect novateur de la technique. Aucune étude n'avait encore utilisé la rétroaction kinesthésique en enseignement pour améliorer les forces produites lors des PA's, peu importe la région vertébrale. De plus, aucune étude n'avait accordé autant d'importance à la perception des forces puisqu'aucun support, visuel ou sonore, n'a été ajouté lors de la rétroaction, contrairement à tout ce qui a été fait antérieurement.

Limites :

Le choix de recourir à des modèles humains a présenté une limite non négligeable, car il a introduit un biais au niveau de la prise de mesure de force puisqu'il existe une possibilité de variation de la résistance perçue et ainsi, de la force appliquée selon le sujet et selon le temps. L'étude a également démontré que l'instrument choisi, soit le capteur Flexiforce®, a ses limites dans l'enregistrement des forces et que sa position sur la vertèbre peut grandement influencer les résultats. De ce fait, il n'est pas possible de savoir avec précision si le capteur a été installé exactement de la même façon sur chacun des modèles et ce, aux quatre différentes collectes de données, ce qui peut avoir causé des erreurs lors de l'enregistrement des forces. Ceci est donc un facteur qui a pu fausser les résultats. La plus grande limite demeure la dose de rétroaction. La contrainte de temps a grandement influencé la quantité de rétroaction donnée à chaque étudiant, et compte tenu des résultats de l'étude et des protocoles des études antérieures, il semble qu'elle était insuffisante. Il aurait été souhaitable que la dose soit répétée à quelques reprises, à intervalles plus ou moins longs.

Une autre limite concerne la puissance statistique. Comme mentionné plus haut, cette puissance avait été calculée en fonction des résultats préliminaires du projet pilote. Or, l'écart-type n'avait pas été prévue être si grand. Ainsi, la taille de l'échantillon choisie n'était plus adéquate compte tenu des résultats obtenus. Ceci a beaucoup affectée la puissance statistique. La taille est devenue trop petite.

Retombées anticipées :

En raison de l'appréciation des étudiants face à la rétroaction kinesthésique, il est souhaitable que l'on définisse un protocole d'entraînement pour l'apprentissage des PA's afin d'améliorer la dose de rétroaction et qu'il soit testé dans une étude ultérieure. En attendant, l'entraînement des enseignants à produire des forces semblables pour des grades de mouvement définis permettrait d'offrir la rétroaction dans tous les cours d'habiletés cliniques en ayant une certaine homogénéité au niveau des forces produites lors des mouvements accessoires. Gautam (2012) a obtenu de très bonnes valeurs de fidélité inter-évaluateur avec son protocole d'entraînement de 4 semaines.

Il est important de préciser que le but de la recherche actuelle n'était pas de statuer sur la valeur absolue de la force à produire. Il n'y a pas de consensus actuellement par rapport aux valeurs des forces appliquées lors des différents grades de mouvement et cette étude ne visait pas à les définir. Cependant, les résultats de cette recherche ont permis de constater que les écarts entre les forces produites pour un même grade demeurent, malgré le fait que les apprenants se sentent mieux outillés pour évaluer et traiter à l'aide des PA's lombaires. Cette étude ouvre la porte à d'autres recherches, où l'on pourra tenter de définir l'intensité optimale des forces à appliquer. Ces recherches pourraient aussi permettre d'améliorer la fidélité dans l'intensité de l'application des forces intraévaluateur et interévaluateur. La diminution de la variabilité interindividuelle de l'intensité des forces pourrait diminuer les biais potentiels de certaines études à venir, quant à l'efficacité des traitements par les mouvements accessoires. Ainsi, la rétroaction kinesthésique est un outil simple et peu coûteux, mais la façon de l'utiliser de manière efficiente pour guider l'apprenant dans l'intensité des forces à appliquer pour un grade donné reste inconnue. La recherche est donc essentielle, et les possibilités pour faire progresser l'enseignement de la TMO par la rétroaction kinesthésique sont nombreuses.

Chapitre 7 : Conclusion

Cette recherche n'a pas permis de démontrer que l'ajout d'une rétroaction kinesthésique donnée par un professeur expérimenté lors de l'enseignement de mobilisations PA's sur les vertèbres lombaires, améliore la capacité des apprenants à appliquer des forces dont l'intensité est en adéquation avec les grades du diagramme de mouvement de Maitland. À la lumière des résultats obtenus, la perception de la résistance lors de l'application de la technique PA's demeure difficile à expliquer aux apprenants. La dose de la rétroaction demeure un enjeu et la façon d'enseigner ces techniques dans un contexte universitaire l'est également. La grande appréciation de la rétroaction kinesthésique par les apprenants justifie que la recherche soit poursuivie afin de tenter d'objectiver la plus-value de cette approche d'enseignement. Il serait également important de tenter de maximiser la dose d'interventions à donner lors de l'enseignement et de déterminer le meilleur moment pour l'appliquer dans le curriculum. Tenter de mieux définir les forces à appliquer lors de l'application des PA's, ou du moins, avoir un cadre de référence plus homogène sur les forces, représente aussi un défi de taille. Cet aspect a déjà été soulevé dans la littérature et demeure encore un enjeu aujourd'hui. Appliquer la rétroaction kinesthésique plus tôt dans l'apprentissage des techniques de thérapie manuelle pourrait être utile. La recherche demeure essentielle pour l'avancement des connaissances sur ces sujets et pourrait s'élargir à toute autre recherche en lien avec l'application du diagramme de mouvement de Maitland et des grades de mobilisation dans le domaine de l'évaluation et du traitement en physiothérapie. Cette recherche a donc ouvert la porte à une multitude d'interrogations sur plusieurs sujets en lien avec l'application des techniques PA's, l'interprétation des grades de mouvement et les forces requises pour les produire.

Liste des références

- Anson, E., Cook, C., Comacho, C., Gwilliam, B., & Karakostas, T. (2003). The use of education in the improvement in finding R1 in the lumbar spine. *J Manual Manipulative Ther*, 11, 204-212.
- Austin, P. (2018). Efficacy of Manual Therapy for Chronic Musculoskeletal Pain. *Cochkinetic Journal*, (76), 32-30.
- BjÖRnsdÓTtir, S. V., & Kumar, S. (2003). Posteroanterior motion test of a lumbar vertebra: accuracy of perception. *Disability & Rehabilitation*, 25(4/5), 170.
- Chang, J. Y., Chang, G.-L., Chien, C.-J., Chang, C., Kao, C., & Hsu, A.-T. (2007). Effectiveness of two forms of feedback on training of a joint mobilization skill by using a joint translation simulator. *Physical Therapy*, 87(4), 418-430.
- Clark, F. J., & Horch, K. W. (1986). Handbook of Perception and Human Performance, volume 1, chapter Kinesthesia. NY: Wiley and Sons.
- Conseils, Trois. (2010). Énoncé de politique des trois Conseils: Éthique de la recherche avec des êtres humains. In.
- Descarreaux, M., Dugas, C., Lalanne, K., Vincelette, Mi., & Normand, M. C. (2006). Learning spinal manipulation: the importance of augmented feedback relating to various kinetic parameters. *The Spine Journal*, 6(2), 138-145.
- Dias, O. P., Amaral, T. G. B., & Fernão Pires, V. (2011). Computer assisted learning in manipulative therapy education. *Manual Therapy*, 16(3), 270-272. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2010.11.007>
- Flynn, T.W., Wainner, R. S., & Fritz, J. M. (2006). Spinal manipulation in physical therapist professional degree education: A model for teaching and integration into clinical practice. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(8), 577-587.
- Formation éthique en recherche du Ministère de la santé et des services sociaux(2012). Retrieved from <https://ethique.msss.gouv.qc.ca/didacticiel/>
- Gagnon, D. H., Longtin, C., Berbiche, D., & Gaudreault, N. (2016). Do experienced physiotherapists and final year physiotherapy trainees apply similar force during posterior-to-anterior lumbar mobilization techniques? *Manual Therapy*, 21, 287-291.
- Gautam, N., & Sharma, S. (2011). Effect of concurrent quantitative feedback training on intra-rater and inter-rater reliability of grade III mobilization over fourth lumbar spinous process. *Indian Journal of*, 5(1).
- Goble, D. J. (2010). Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice. *Physical therapy*, 90(8), 1176-1184.
- Gorgos, K. S., Wasylyk, N.T., Van Lunen, B. L., & Hoch, M. C. (2014). Inter-clinician and intra-clinician reliability of force application during joint mobilization: a systematic review. *Manual Therapy*, 19(2), 90-96.
- Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J., & Liu, Y. (2016). Assessing proprioception: a critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 80-90.

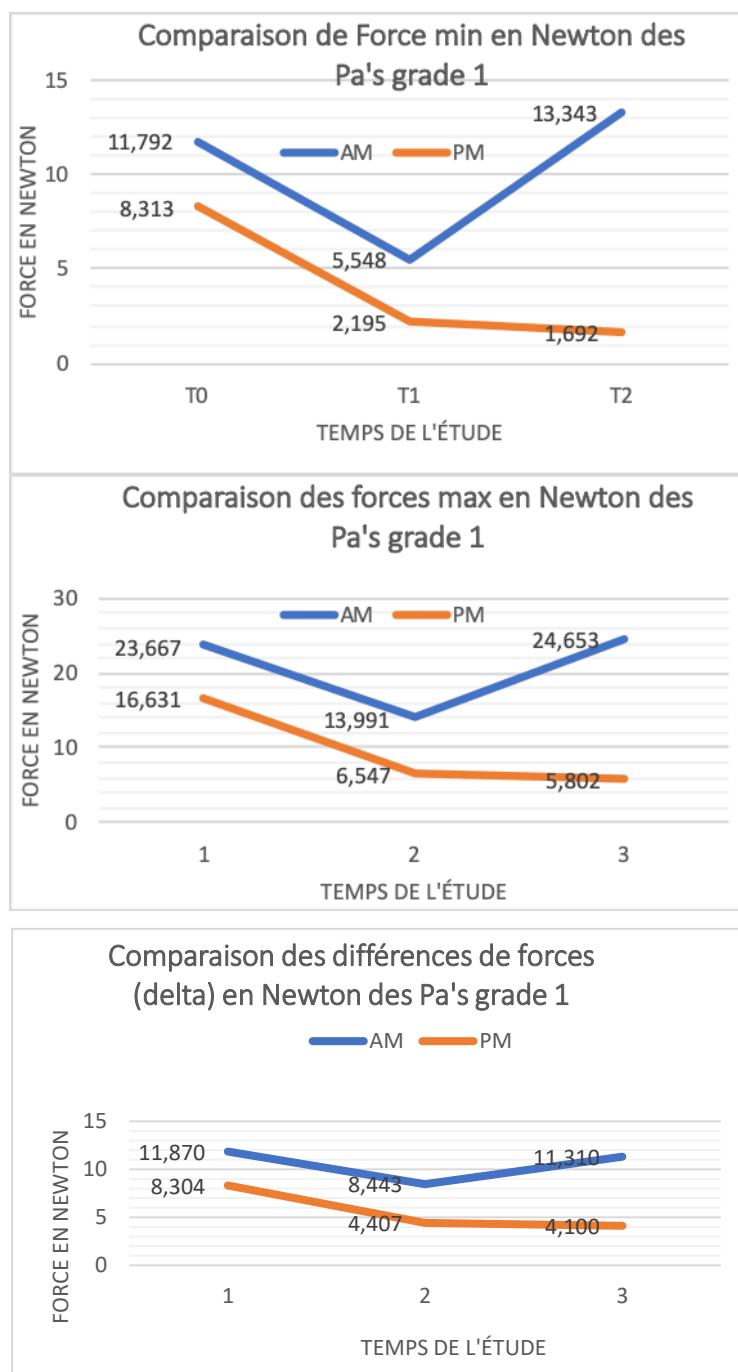
- Harms, M. C., & Bader, D. L. (1997). Variability of forces applied by experienced therapists during spinal mobilization. *Clinical Biomechanics*, 12(6), 393-399. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033\(97\)00023-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033(97)00023-5)
- Huang, E., Chern, H., O'Sullivan, P., Cook, B., McDonald, E., Palmer, B., ... & Kim, E. (2014). A better way to teach knot tying: a randomized controlled trial comparing the kinesthetic and traditional methods. *The American Journal of Surgery*, 208(4), 690-694
- Kawai, R., Markman, T., Poddar, R., Ko, R., Fantana, A. L., Dhawale, A. K., ... & Ölveczky, B. P. (2015). Motor cortex is required for learning but not to executing a motor skill. *Neuron*, 86(3), 800-812
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, 15(2), 155-163
- Lee, M., Moseley, A., & Refshauge, K. (1990). Effect of Feedback on Learning a Vertebral Joint Mobilization Skill. *Physical Therapy*, 70(2), 97-102.
- Lederman, E. (2005). *The science & practice of manual therapy*. Elsevier Health Sciences.
- Leite, W. L., Svinicki, M., & Shi, Y. (2010). Attempted validation of the scores of the VARK: Learning styles inventory with multitrait-multimethod confirmatory factor analysis models. *Educational and psychological measurement*, 70(2), 323-339.
- Magee, D. J., Zachazewski, J. E., & Quillen, W. S. (2007). *Scientific Foundations and Principles of Practice in Musculoskeletal Rehabilitation-E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Maitland, G. D. (2013). *Vertebral manipulation*: Butterworth-Heinemann.
- Marini, F., Ferrantino, M., & Zenzeri, J. (2018). Proprioceptive identification of joint position versus kinaesthetic movement reproduction. *Human movement science*, 62, 1-13.
- McCallum, C. A., Reed, R. & Bachman, S. (2016). A Systematic Review of Physical Therapist Clinical Instructor Demographics and Key Characteristics: Impact on Student Clinical Education Experiences. *Journal of Physical Therapy Education*, 30(3), 11.
- Nicholson, D.E. (2002). Teaching psychomotor skills. In K.F. Shepard & G.M. Jensen (Eds), *Handbook of teaching for physical therapists* (2nd ed., pp.387-418). Woburn :MA : Butterworth-Heinnemann.
- Pasquier, M., Cheron, C., Dugas, C., Lardon, A., & Descarreaux, M. (2017). The Effect of Augmented Feedback and Expertise on Spinal Manipulation Skills: An experimental study. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 40(6), 404-410.
- Perry, J., & Green, A. (2008). An investigation into the effects of a unilaterally applied lumbar mobilisation technique on peripheral sympathetic nervous system activity in the lower limbs. *Manual therapy*, 13(6), 492-499.
- Petty, N. J., Bach, T. M., & Cheek, L. (2001). Accuracy of Feedback During Training of Passive Accessory Intervertebral Movements. *Journal of Manual & Manipulative Therapy (Journal of Manual & Manipulative Therapy)*, 9(2).
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of physiology*,

- 587(17), 4139-4146.
- Rollins, C. A., & Robinson, J. L. (1980). Evaluation of Undergraduate Physical Therapy Students' Comprehension of Maitland's Grades (I–IV) for Posterior Mobilization of the Glenohumeral Joint. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1(4), 214-221.
- Rossetini, G., Rondoni, A., Palese, Al., Cecchetto, S., Vicentini, M., Bettale, F., . . . Testa, M. (2017). Effective teaching of manual skills to physiotherapy students: a randomised clinical trial. *Medical Education*, 51(8), 826-838. doi:10.1111/medu.13347
- Schmid, A., Brunner, F., Wright, A., & Bachmann, L. M. (2008). Paradigm shift in manual therapy? Evidence for a central nervous system component in the response to passive cervical joint mobilisation. *Manual Therapy*, 13(5), 387-396.
- Sheaves, E. G., Snodgrass, S. J., & Rivett, D. A. (2012). Learning lumbar spine mobilization: the effects of frequency and self-control of feedback. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(2), 114-124.
- Silvernail, J. L., Gill, N. W., Teyhen, D. S., & Allison, S. C. (2011). Biomechanical measures of knee joint mobilization. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 19(3), 162-171.
- Simmonds, M. J., Kumar, S., & Lechelt, E. (1995). Use of a spinal model to quantify the forces and motion that occur during therapists' tests of spinal motion. *Phys Ther*, 75(3), 212-222.
- Sizer, P. PT, Sawyer, S., Felstehausen, V., Couch, S., Dornier, L., & Cook, C (2008). Intrinsic and extrinsic factors important to manual therapy competency development: a Delphi investigation. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(1), 9E-19E.
- Sizer, P. S., Jr., Felstehausen, V. Sawyer, S., Dornier, L., Matthews, P., & Cook, C. (2007). Eight critical skill sets required for manual therapy competency: a Delphi study and factor analysis of physical therapy educators of manual therapy. *Journal Of Allied Health*, 36(1), 30-40.
- Smit, E., Conradie, M., Wessels, J., Witbooi, I., & Otto, R. (2003). *Measurement of the magnitude of force applied by students when learning a mobilisation technique* (Vol. 59).
- Smyth, M. M., & Mason, U. C . (1998). Use of proprioception in normal and clumsy children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40(10), 672-681.
- Snodgrass, S. J., & Odelli, R. A. (2012). Objective concurrent feedback on force parameters improves performance of lumbar mobilisation, but skill retention declines rapidly. *Physiotherapy*, 98(1), 47-56.
- Snodgrass, S. J., Rivett, D.A., & Robertson, V. J. (2007). Manual forces applied during cervical mobilization. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 30(1), 17-25.
- Snodgrass, S. J, Rivett, D. A., Robertson, V. J., & Stojanovski, E. (2009). Forces applied to the cervical spine during posteroanterior mobilization. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(1), 72-83.
- Snodgrass, S. J., Rivett, D. A., Robertson, V. J., & Stojanovski, E. (2010). Real-time feedback improves accuracy of manually applied forces during cervical spine mobilisation. *Manual Therapy*, 15(1), 19-25.

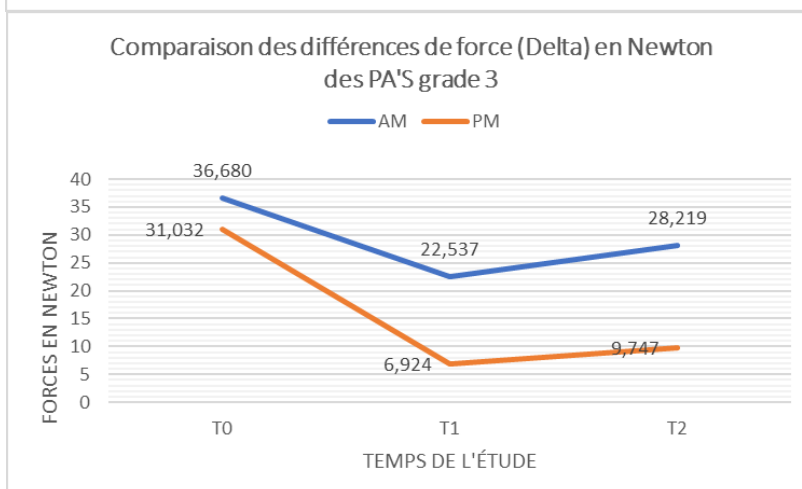
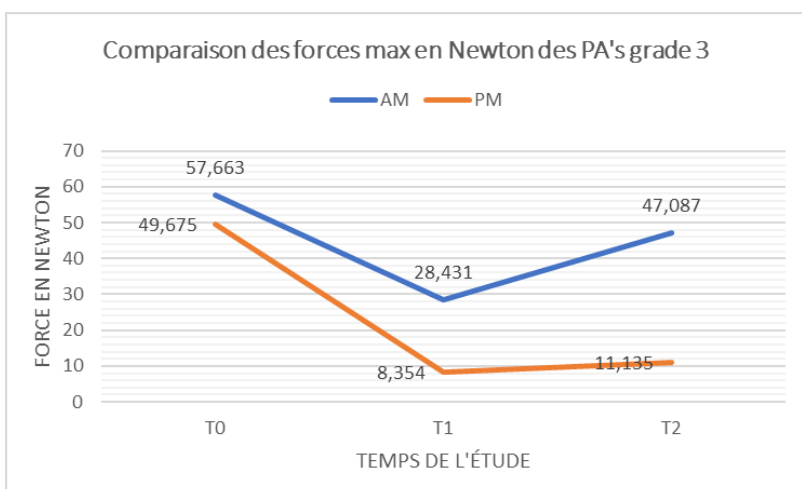
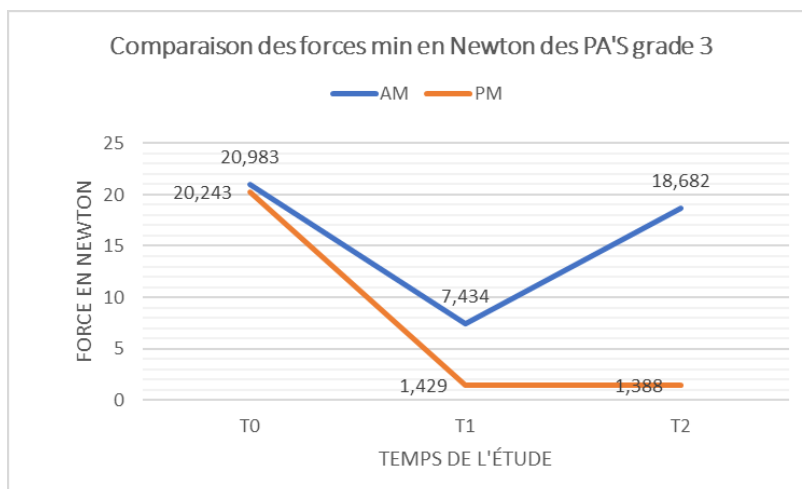
- Snodgrass, S. J., Rivett, D. A., & Robertson, V.J. (2006). Manual Forces Applied During Posterior-to-Anterior Spinal Mobilization: A Review of the Evidence. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(4), 316-329. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.03.006>
- Stillman, B. C. (2002). Making sense of proprioception: the meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms. *Physiotherapy*, 88(11), 667-676.
- Thiese, M. S., Hegmann, K. T., Wood, E. M., Garg, A., Moore, J. S., Kapellusch, J. M., ...& BackWorks Study Team. (2014). Low-back pain ratings for lifetime, 1-month period, and point prevalences in a large occupational population. *Human factors*, 56(1), 86-97.
- Threlkeld, A J. (1992). The effects of manual therapy on connective tissue. *Physical Therapy*, 72(12), 893-902.
- Triano, JJ, Descarreaux, M, & Dugas, C. (2012). Biomechanics—review of approaches for performance training in spinal manipulation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(5), 732-739.

Annexes

Annexe 1 : Comparaison des groupes AM vs PM lors du projet pilote gr 1



Annexe 2 : Comparaison des groupes AM vs PM lors du projet pilote gr 3



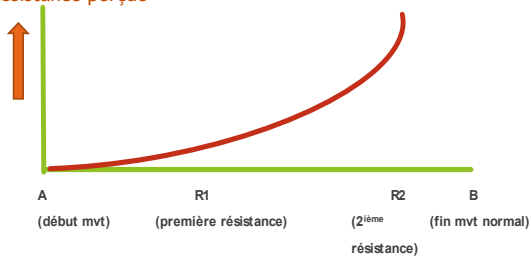
Annexe 3 : Consignes projet PA's

Collecte de données projet PA'S

Les mobilisations

- Afin de bien évaluer la quantité de mouvement d'une articulation et la qualité de ce mouvement, nous utiliserons le diagramme de mouvement:

- Résistance perçue



Amplitude de mouvement

Pht-240 hiver 2017

Voici les consignes :

- Vous avez vu les grades de mouvements de 1 à 4 pour les mouvements accessoires
- Vous avez vu le diagramme de mouvement où l'on évalue l'amplitude de mouvement de l'articulation et R1, R2. Voici une image pour vous rappeler
- Vous avez 30 secondes pour évaluer l'amplitude de mouvement et définir R1, R2 de l'articulation L3-L4 à l'aide d'un PA's.
- Par la suite, vous devrez osciller un grade 3 pendant 45 sec. Puis un grade 1 pour 45 sec
- Vous le ferez sur le sujet table et sur la vertèbre instrumentée.